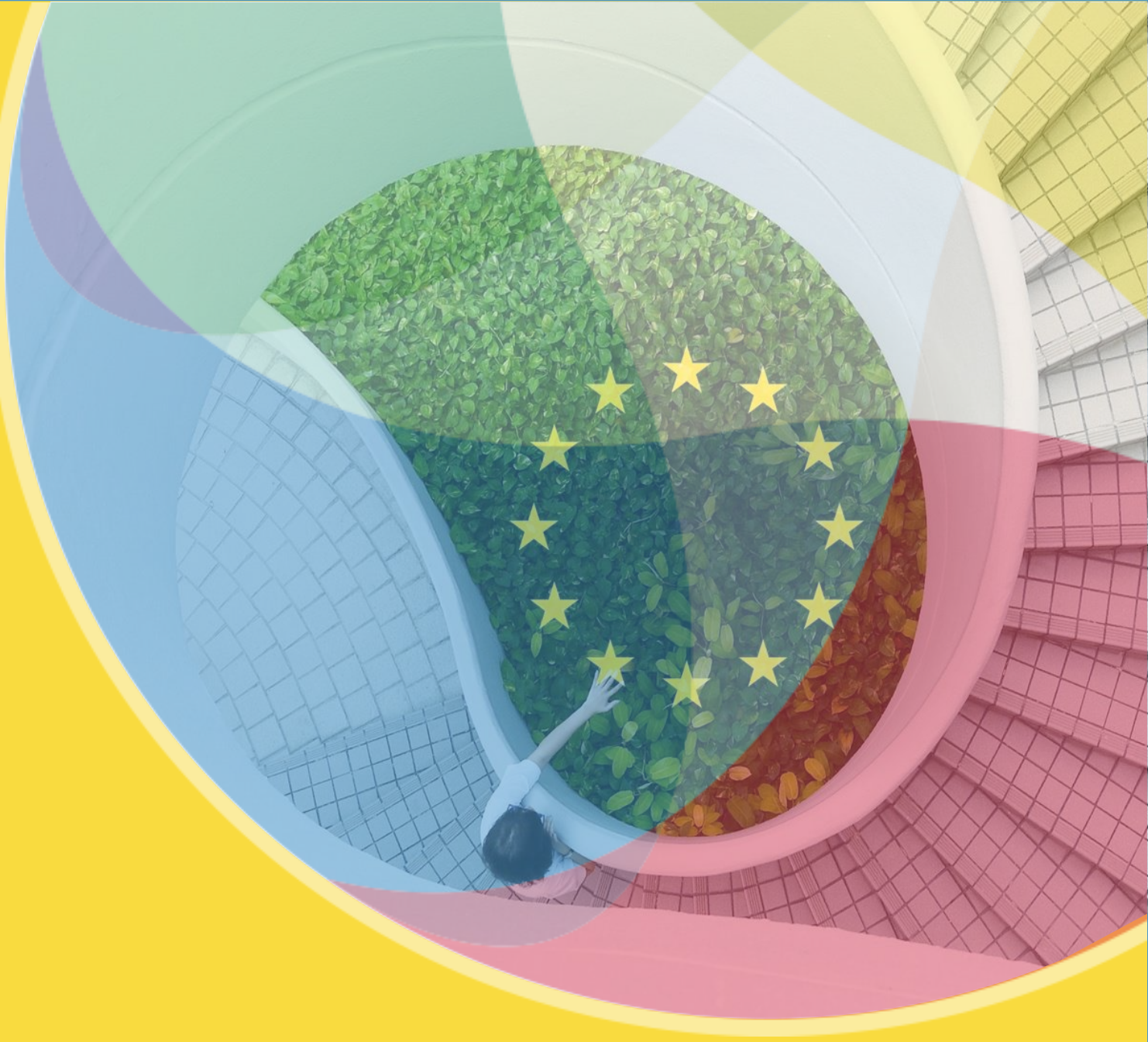

Noviembre 2022

El Pacto Verde Europeo se hace local

Herramientas para la aplicabilidad del Pacto Verde en municipios

Materia adscrita: Prevención de la contaminación

FUNDACIÓN RENOVABLES

Participantes en el proyecto

Coordinadora del proyecto:
María José Márquez. Contratado Doctor. Universidad de Málaga.

Investigadores:
Daniel Navas. Contratado Doctor. Universidad de Málaga
Alberto E. García. Contratado Doctor. Universidad de Málaga
Llanos Mora. Catedrática de Lenguajes y Ciencias de la Computación. Universidad de Málaga
Mariano Sidrach de Cardona. Catedrático de Física Aplicada II. Universidad de Málaga
Sadaf Aryaei. Becaria. Colaboradora del proyecto
María Cristina Navas. Becaria. Colaboradora del proyecto
Alejandro Morales. Becario. Colaborador del proyecto
José Manuel Pérez. Becario. Colaborador del proyecto
Pablo Rico. Becario. Colaborador del proyecto
Esther Rodríguez. Becaria. Colaboradora del proyecto
Raquel Paule. Directora General. Fundación Renovables
Manuel Abeledo. Área Técnica. Fundación Renovables
María del Pilar Sánchez. Área Técnica. Fundación Renovables
Juan Fernando Martín. Técnico de Proyectos. Fundación Renovables
José Lomo. Técnico de Proyectos. Fundación Renovables
Javier Pamos. Técnico de Proyectos. Fundación Renovables
María Manzano. Técnico de Proyectos. Fundación Renovables
Ismael Morales. Responsable de Comunicación. Fundación Renovables
Alexandra Llave. Área de Comunicación. Fundación Renovables
Maribel Núñez. Gerente. Fundación Renovables

Esta publicación está bajo licencia Creative Commons.
Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual (CC BY-NC-SA).
Usted puede usar, copiar y difundir este documento o parte de este
siempre y cuando se mencione su origen, no se use de forma comercial
y no se modifique su licencia.

Fundación Renovables
(Declarada de utilidad pública)
Pedro Heredia 8, 2º Derecha
28008 Madrid
www.fundacionrenovables.org

VICEPRESIDENCIA
TERCERA DEL GOBIERNO

MINISTERIO
PARA LA TRANSICIÓN ECOLÓGICA
Y EL RETO DEMOGRÁFICO

Este proyecto ha sido financiado por el Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico y será publicado en la web de la Fundación Renovables, indicando dicha financiación.

Índice

1. Justificación. Necesidad de la investigación 7

2. Objetivos del proyecto 10

3. Fases del proyecto 12

Metodología 13

4. Introducción 17

Antecedentes de la investigación y continuidad con los anteriores proyectos de la Fundación Renovables 17

5. Acercamiento a la realidad española frente al Pacto Verde Europeo y el cambio climático 21

Estado actual de políticas urbanas alineadas con el Pacto Verde Europeo..... 21

Alicante 23

Barcelona 24

Bilbao 25

Córdoba 26

A Coruña 27

Granada 28

Las Palmas de Gran Canaria 29

Madrid 30

Málaga 31

Murcia 32

Palma de Mallorca 33

Sevilla 34

Valencia 35

Valladolid 36

Vitoria 37

Zaragoza 38

Evaluación de las políticas españolas 39

Lectura vertical 44
Tabla de aplicabilidad 45
Identificación de barreras para las acciones del cambio climático en la administración local..... 47
Encuesta municipal de acción por el clima y la sostenibilidad..... 47
Análisis de los resultados obtenidos 52

6. Estudio de casos. Ciudades con acciones significativas para el Pacto Verde..... 58
Criterios de selección de ciudades y objetivos 58
Bloques de trabajo y metodología desarrollada. 59
Análisis comparativo de ciudades 59
Características generales de las ciudades seleccionadas..... 59
Estudio de los planes de las distintas ciudades..... 60
Fuentes de información e indicadores. Matriz de análisis de ciudades. 68
Resultados 70
La ciudad ideal..... 70

7. Diseño de indicadores para la medición de la implantación/cumplimiento del Pacto Verde Europeo en el ámbito local..... 73
Movilidad 73
Determinación de las emisiones asociadas a la movilidad urbana 73
Determinación de las emisiones asociadas al vehículo privado por km y pasajero..... 75
Determinación de las emisiones en el Transporte Público Colectivo por kilómetro y pasajero 82
Dato final de emisiones asociadas a la movilidad urbana por kilómetro y pasajero - conclusiones 107
Escenarios a futuro 109
Gráficos y tablas..... 114
Energía 116
Estrategia “Una transición hacia una energía limpia” 116
Determinación de las emisiones asociadas al consumo energético en los edificios de las ciudades españolas per cápita..... 120

Determinación de las emisiones producidas por combustibles fósiles 132
Determinación del consumo energético producido por energías renovables 146
Determinación de las emisiones finales de CO_2 equivalentes per cápita de los edificios 147
Construcción 153
Sistema agroalimentario 158
Biodiversidad 166
Contaminación Cero 171

8. Conclusiones 175

9. Índice de figuras y tablas 179
Índice de figuras 179
Índice de tablas 180

10. Bibliografía 183
Fuentes de datos para el cálculo del indicador de movilidad 191
TPC - Cercanías Renfe 191
TPC - Ferrocarril metropolitano 192
TPC - Light Rail Transit 192
Vehículo privado 193

Justificación. Necesidad de la investigación

El Pacto Verde Europeo se hace local

FUNDACIÓN RENOVABLES

1. Justificación. Necesidad de la investigación

La Comisión Europea ha iniciado una etapa decisiva en la lucha contra el cambio climático con la aprobación del *European Green Deal o Pacto Verde Europeo* (Comisión Europea, 2019). Este documento político marco que está permitiendo desplegar toda una batería de acciones legislativas en diversos ámbitos temáticos (agricultura, la biodiversidad y la naturaleza, el sector de la construcción y la renovación, la contaminación, la energía, la industria y la movilidad) que tienen como objetivo principal conseguir que la Unión Europea sea climáticamente neutra en 2050. Supone, por tanto, un avance significativo en la lucha contra el cambio climático, que implicará cambios profundos en el modo en el que nos relacionamos como sociedad, teniendo en ciudades y barrios importantes áreas territoriales de actuación.

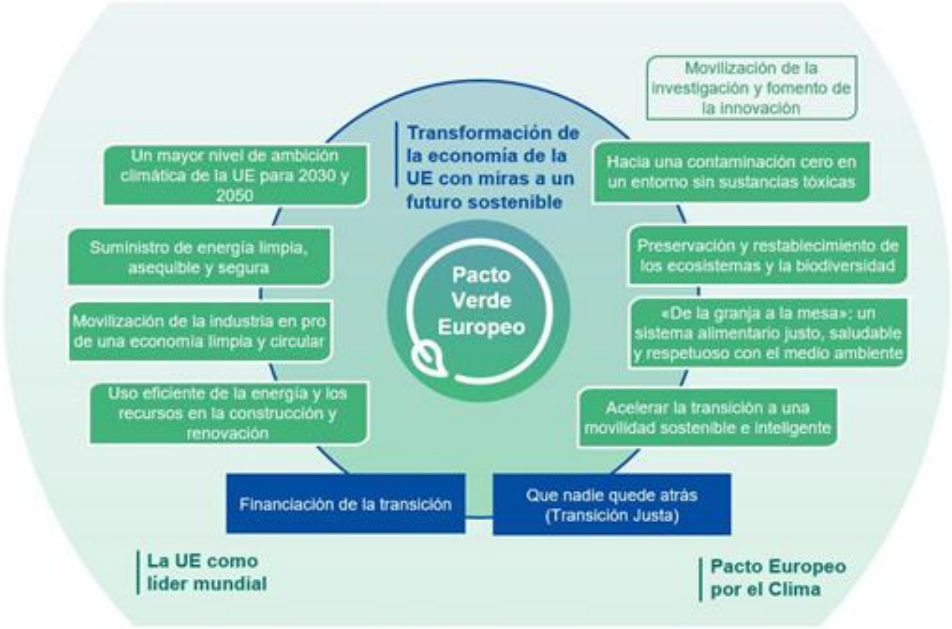

Figura 1. Estrategia del Pacto Verde Europeo.
Fuente: Comisión Europea.

En este contexto legislativo y en continuidad con las experiencias desarrolladas hasta la fecha, es necesario establecer una metodología analítica y estratégica en las ciudades, para la evaluación de la situación urbana respecto a la aplicabilidad del Pacto Verde. Uno de los mayores retos urbanos es la actuación multiescalar ya que el Pacto Verde aborda la lucha contra el cambio climático desde varios frentes, algunos más cercanos o aplicables a las políticas municipales, como son la energía y la movilidad, pero otros pueden quedar más lejanos y ser compleja la adopción de medidas urbanas concretas, como pueden ser la agricultura y la industria. En el siguiente gráfico se

recogen las diferentes áreas de actuación del Pacto Verde, a partir de las cuales se propone actuar a nivel local.

Figura 2. Dimensiones de trabajo del Pacto Verde Europeo.
Elaboración propia.

Objetivos del proyecto

El Pacto Verde Europeo se hace local

FUNDACIÓN RENOVABLES

2. Objetivos del proyecto

El objetivo general del proyecto trata **de establecer un sistema de medición del grado de aplicación del Pacto Verde Europeo en los municipios.** Para ello es necesario no sólo cuantificar los distintos bloques de trabajo y estrategias, sino detectar posibles carencias y deficiencias en la puesta en marcha de acciones concretas que sean efectivas en la mitigación del cambio climático. Por este motivo el objetivo general no sólo es cuantificar el grado de implantación, sino detectar medidas correctivas o simplemente identificar las barreras que desde el ámbito municipal frenan la puesta en marcha de políticas europeas.

A partir de un objetivo principal se establecen otros secundarios respecto a este objetivo general:

El **objetivo principal** del proyecto (**OP1)** es la elaboración una herramienta de evaluación de municipios en cuanto a los objetivos del Pacto Verde Europeo concretándose en un Índice de ciudad con el Pacto Verde Europeo a través del cual se pudiera evaluar tanto la evolución temporal de los distintos municipios como la comparativa y aprendizaje de otros. Dada la duración de este proyecto, así como los recursos disponibles el cálculo se realizará para una sola anualidad, lo que posibilita la comparativa de unas ciudades con otras, pero no su evolución, siendo esta tarea asumible en una fase posterior del proyecto y una posible vía futura de investigación.

De este objetivo principal se definen cuatro **objetivos secundarios**:

- OS1: evaluar las distintas dimensiones del Pacto Verde Europeo en los municipios seleccionados.
- OS2: establecer medidas y acciones concretas para la mejora de la evaluación de las ciudades.
- OS3: Evaluar los municipios en cuanto a la mitigación del cambio climático, desde el análisis de datos y relación a las políticas aplicadas.
- OS4: Identificar las principales barreras y obstáculos que se encuentra la administración local en la aplicación de políticas, de ejecución de proyectos concretos y de evaluación de datos.

Fases del proyecto

El Pacto Verde Europeo se hace local

FUNDACIÓN RENOVABLES

3. Fases del proyecto

El desarrollo del proyecto se extiende desde el 1 de enero de 2022 hasta el 31 de diciembre de 2022 y se estructura en los siguientes bloques de trabajo.

BLOQUE 1. Análisis de las políticas del Pacto Verde desde la aplicabilidad local.

En esta fase se estudia el pacto Verde Europeo respecto a las distintas derivadas en materia local. En este bloque se tendrá en cuenta el cumplimiento del Objetivo secundario 01 y parte del 02 (OS1-OS2).

BLOQUE 2. Estudio de indicadores e índices en relación a la temática del proyecto. Estado del arte.

Para establecer unos indicadores propios es imprescindible conocer los indicadores que actualmente están aplicando los Ayuntamientos, ya sea en las Agendas locales, el Pacto de Alcaldes, o los distintos índices existentes. Se identificarán los mínimos indicadores necesarios para la evaluación. En esta fase se tendrá en cuenta el cumplimiento del Objetivo secundario 02 y parte del 03 (OS2-OS3). Se estudian las políticas y documentos actualmente en vigor en los distintos municipios objeto de estudio; por otro lado, se analizan ciudades destacadas por sus políticas avanzadas en materia de cambio climático y del Pacto Verde Europeo desde las múltiples dimensiones de éste.

BLOQUE 3. Primera aproximación a la estructura del índice y a los indicadores. Verificación de datos, accesibilidad y calidad de estos. Chequeo de la estructuración de indicadores

Se comprobará la efectividad de los indicadores y la accesibilidad a los datos, así como la facilidad de seguimiento. En esta fase se tendrá en cuenta el cumplimiento del Objetivo secundario 02 y parte del 03 (OS2-OS3).

BLOQUE 4. Diseño de un sistema de evaluación para conocer el grado de implantación del Pacto Verde Europeo en la escala municipal y **elaboración de guía de medidas y acciones concretas para la mejora de la evaluación.**

Elaboración de la herramienta para la evaluación y obtención de conclusiones, no sólo a nivel de municipios, sino también a nivel de evaluación global de políticas en el

conjunto del territorio español. En esta fase se tendrá en cuenta el cumplimiento del Objetivo secundario 03 en su totalidad y el objetivo principal (OP1).

BLOQUE 5: elaboración de diagnóstico de ciudades, identificando principalmente las barreras y debilidades que se tienen en la aplicabilidad concreta de políticas, financiación y datos.

Esta fase no es la final, sino que es un bloque transversal a todas las fases del proyecto, que se basa en la búsqueda de diálogo continuo con la administración, con el objetivo de identificar las principales barreras y obstáculos que se encuentra la administración local en la aplicación de políticas, de ejecución de proyectos concretos y de evaluación de datos (OS4). En este bloque se ponen en marcha distintas vías de comunicación con la administración pública para entender los avances que han realizado, así como las principales barreras que encuentran a la hora de aplicar políticas de cambio climático. Por un lado, se promueven encuentros bilaterales para conocer de primera mano las circunstancias de cada administración, y por otro lado se realiza una encuesta para acceder al mayor número de municipios españoles y realizar preguntas clave en este sentido.

Metodología

La metodología que se sigue en la elaboración del índice responde al siguiente esquema:

BLOQUE A: Elaboración de indicadores que sean útiles para diferentes municipios, testeando en las 16 capitales de provincia más pobladas y en continuidad con los proyectos anteriores en los que también fueron evaluadas.

- Priorización de indicadores absolutos, ya que plantean un horizonte hipotético objetivo que, de alcanzarse con una máxima puntuación posible, frente a los relativos, en los que no existe un valor máximo o mínimo a priori. En el caso de indicadores relativos, para valorar los resultados conseguidos resulta necesario comparar con casos de estudio o valores preestablecidos por organismos internacionales, lo cual puede variar con el tiempo, como por ejemplo los valores de calidad del aire, que dependiendo de la organización varían y que en la actualidad quieren hacerse más restrictivos.

- Elaboración de un índice basado en la minimización del número de indicadores, y en el estudio de ponderaciones relativas. En la elección de

indicadores la premisa es la de reducir al mínimo el número de indicadores, siendo el objetivo de partida uno por dimensión del Pacto Verde.

- Análisis del grado de implantación. Se obtendrá un indicador específico que valore la adopción real de medidas y acciones en el ámbito municipal. Además, se pretende conocer el principal déficit en materia local frente al cambio climático. Para este punto es necesaria la colaboración de las entidades locales, estableciendo un marco de trabajo que se estructura en los bloques recogidos en el siguiente gráfico.

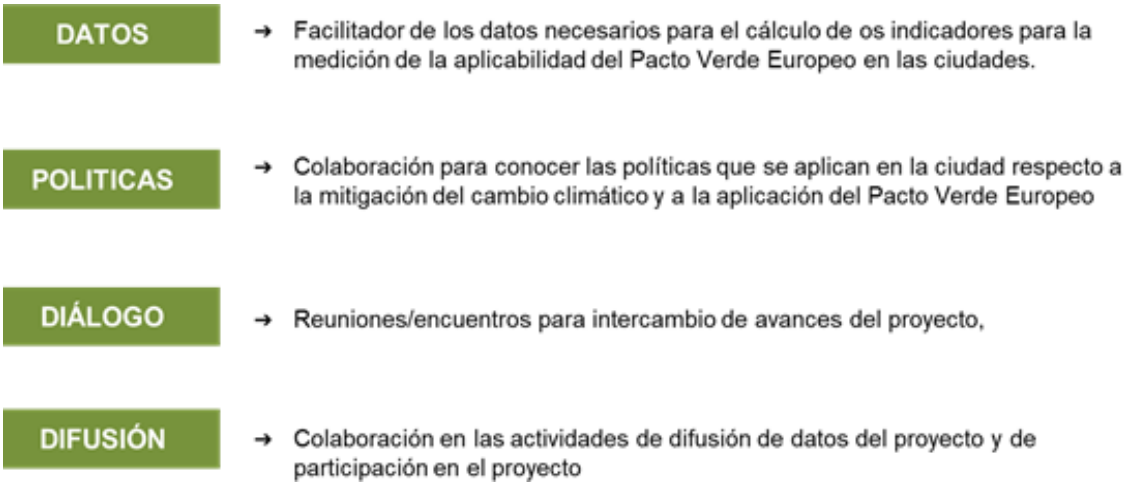

Figura 3. Bloques de colaboración con los municipios.
Elaboración propia.

BLOQUE B: Identificación de áreas deficitarias donde invertir, aprovechando las ayudas en el marco del Mecanismo de Recuperación y Resiliencia de la Unión Europea MRR., tras los datos obtenidos de los indicadores y del estudio de las buenas prácticas europeas.

En un primer momento se deben buscar soluciones para las principales barreras que se encuentran a priori en el desarrollo de cualquier metodología analística basada en datos.

DATOS ABIERTOS

- Inexistencia de datos abiertos
- Datos abiertos publicados en portales web locales (complejo)
- Necesidad de bases de datos abiertas e intuitivas para los ciudadanos, de ámbito nacional y/o comunitario

HOMOGENEIDAD Y CRITERIOS

- Datos desactualizados conllevan a un análisis irreal, no homogéneo (imposibilidad de comparar)
- Categorías ambiguas y falta de desagregación de datos (ejemplo: carriles bici)

INDICADORES RELATIVOS

- Sólo nos permiten evaluar comparando resultados.
- Necesidad de establecer objetivos claros que permitan transformar los indicadores relativos en absolutos.

INDICADORES MULTIVARIANTES

- La mayoría de indicadores son multivariantes
- Se llevan a cabo simplificaciones que permitan utilizar los datos e interpretarlos.
- Problemas derivados (ejemplo paradigmático: flota de autobuses eléctricos de TMB)

Figura 4. Gráfico sobre barreras del proyecto.
Elaboración propia.

Introducción

El Pacto Verde Europeo se hace local

FUNDACIÓN RENOVABLES

4. Introducción

Antecedentes de la investigación y continuidad con los anteriores proyectos de la Fundación Renovables

La Fundación Renovables trabaja en una línea clave de investigación en proyectos que se alinean con las estrategias europeas para la descarbonización de la energía y para la mitigación del cambio climático, a partir del estudio de medidas aplicables a barrios y ciudades.

En 2018 se desarrolla un trabajo de cuantificación de emisiones en los distintos sectores que intervienen en un barrio (residencial, terciario, transporte e iluminación urbana)[1]. A partir de los consumos y emisiones obtenidos en un barrio piloto de Málaga, se proponen acciones replicables en otros barrios para conseguir ciudades con emisiones cero. A partir de este proyecto, se detectan falta de difusión y divulgación de las políticas para la transición energética y la descarbonización de la economía entre la ciudadanía, por ello se formula el proyecto *Estudio, propuesta y desarrollo de nuevas formas de comunicación para lograr una mayor concienciación de la ciudadanía respecto a su responsabilidad en los problemas medioambientales y buscar su participación en soluciones orientadas a individuos, barrios y ciudades*[2].

En 2020 se desarrolla un proyecto sobre una metodología de evaluación de las políticas urbanas en cuanto a la movilidad sostenible, ya que este sector supone uno de los mayores retos para la administración local y tiene uno de los mayores potenciales de mejora[3]. Este proyecto ha tenido difusión a través de dos congresos

[1] Barrios Zero como germen de ciudades son emisiones (FR, 2018). https://fundacionrenovables.org/proyecto/barrios-zero-como-germen-de-ciudades-sin-emisiones/

[2] Estudio, propuesta y desarrollo de nuevas formas de comunicación para lograr una mayor concienciación de la ciudadanía respecto a su responsabilidad en los problemas medioambientales y buscar su participación en soluciones orientadas a individuos, barrios y ciudades, (FR, 2019). https://fundacionrenovables.org/proyecto/estudio-propuesta-y-desarrollo-de-nuevas-formas-de-comunicacion-para-lograr-una-mayor-concienciacion-de-la-ciudadania-respecto-a-su-responsabilidad-en-los-problemas-medioambientales-y-buscar-su-parti/

[3] Movilidad sostenible en entornos urbanos. Estrategias de diseño e implantación de ejes de movilidad sostenible para la mejora de la habitabilidad de los barrios y las ciudades (FR, 2020). https://fundacionrenovables.org/proyecto/movilidad-sostenible-en-entornos-urbanos-estrategias-de-diseno-e-implantacion-de-ejes-de-movilidad-sostenible-para-la-mejora-de-la-habitabilidad-de-los-barrios-y-las-ciudades/

internacionales y la publicación de un capítulo en el libro *Sistemas territoriales y recursos para la sostenibilidad* (Márquez-Ballesteros y Navas-Carrillo, 2022).

En una primera aproximación para el acercamiento de las políticas globales a la realidad municipal, en 2021 se desarrolla el proyecto Guía para ciudades en la mitigación del cambio climático. Estrategias y acciones aplicables a barrios4. Con este proyecto se elabora una guía básica para los municipios que recoge actuaciones centradas en los ciudadanos. Para el estudio de casos se tomaron de base proyectos y buenas prácticas en los que la participación ciudadana tuviera un alto grado de implantación. Parte de este trabajo ha sido publicado en la monografía Resilient and Sustainable Cities: Research, Policy and Practice (Márquez-Ballesteros et al, 2022).

Una vez que se conocen claramente las acciones que es necesario implantar, parece imprescindible evaluar la situación actual de las principales capitales de provincia de España, en cuanto a las políticas de lucha contra el cambio climático y los bloques o dimensiones del Pacto Verde Europeo. Por este motivo es necesario desarrollar una metodología de cuantificación de la implantación del Pacto Verde Europeo en las ciudades, examinando los distintos documentos estratégicos elaborados por los Ayuntamientos, pero a su vez evaluando el grado de implantación.

En cuanto a la elaboración de una herramienta analítica basada en indicadores el equipo cuenta con experiencia, destacando la elaboración de un índice de sostenibilidad energética urbana (Márquez-Ballesteros et al., 2019).

Este proyecto se plantea desde la perspectiva analítica a partir de los datos cuantitativos, pero a su vez desde la visión de cada Ayuntamiento, a partir de datos cualitativos, de los que se quiere obtener información sobre barreras, limitaciones y debilidades de los gobiernos locales, a partir de metodologías analísticas de las ciencias sociales.

Ya se conoce la estrategia global y el marco de referencia europeo, se conocen las acciones concretas en los municipios y se conocen las hojas de ruta o estrategias urbanas, pero ahora es necesario evaluar la aplicabilidad real en el ámbito local,

---

[4] Guía para ciudades en la mitigación del cambio climático. Estrategias y acciones aplicables a barrios (FR, 2021). https://fundacionrenovables.org/proyecto/guia-para-ciudades-en-la-mitigacion-del-cambio-climatico-estrategias-y-acciones-aplicables-a-barrios/

identificando no sólo los datos cuantitativos sino también conocer de primera mano las necesidades y limitaciones de los Ayuntamientos.

Acercamiento a la realidad española frente al Pacto Verde Europeo y el cambio climático

El Pacto Verde Europeo se hace local

FUNDACIÓN RENOVABLES

5. Acercamiento a la realidad española frente al Pacto Verde Europeo y el cambio climático

Estado actual de políticas urbanas alineadas con el Pacto Verde Europeo.

Como punto de partida, el proyecto analiza en qué estado se encuentran las políticas urbanas en su relación con el Pacto Verde Europeo. Se toma para ello el listado de las dieciséis capitales de provincia con mayor población de España. Por orden alfabético, los casos de estudio son: Alicante, Barcelona, Bilbao, Córdoba, Coruña, Granada, Las Palmas de Gran Canaria, Madrid, Málaga, Murcia, Palma de Mallorca, Sevilla, Valencia, Vitoria y Zaragoza. Para ello, se ha tomado un documento de referencia para cada uno de estos municipios, dado la amplitud y diversidad de instrumentos redactados por cada una de las administraciones locales. Para su selección, se han tenido en cuenta una serie de criterios, con objeto de homogeneizar en la mayor medida posible la muestra de documentos analizados.

En primer lugar, se ha identificado si el municipio tiene aprobado un Plan de Acción para el Clima y la Energía Sostenible (PACES), o documento estratégico equivalente, que vienen a dar respuesta a los compromisos internacionales suscritos con la actualización de la firma del Pacto Global de Alcaldes y Alcaldesas por el Clima y la Energía Sostenible con el horizonte temporal de 2030. En su defecto, para algunos de los municipios se han analizado los Planes de Acción para la Energía Sostenible (PAES), que todos los municipios europeos firmantes del Pacto de Alcaldes se habían comprometido a preparar y aplicar antes de 2020, y por lo tanto, acorde con los objetivos y calendarios de reducción de emisiones suscritos hasta la fecha. Bien de forma conjunta, bien como documentos independientes, se conforman por un plan de acción de mitigación y reducción de emisiones de efecto invernadero, y un plan de acción de adaptación a los efectos del cambio climático. No obstante, a diferencia de los actuales PACES, los PAES no estaban obligados a abordar medidas de adaptación. En tercer lugar, de manera complementaria, se han atendido documentos de planificación de carácter estratégico que integran y actualizan desde una perspectiva transversal amplia, el conjunto de planes sectoriales con incidencia en el modelo de ciudad, especialmente los relacionados con el clima y la energía sostenible. En dichos casos, ha primado la actualidad del documento, especialmente en lo que respecta a la actualización de los compromisos internacionales, frente a sus predecesores.

Para cada uno de los documentos consultados se ha elaborado una ficha descriptiva que pretende recoger de manera sistemática los principales datos que caracterizan a cada uno de ellos. En primer lugar, se identifica el título del documento, el horizonte

temporal y el organismo responsable de su tramitación. También se incluye enlace web para consulta online de la documentación. Le sigue una breve descripción general, en el que se perfilan los principales objetivos y metas que se pretenden alcanzar con su aprobación. Se recogen igualmente las principales líneas estratégicas de actuación propuestas, identificando los programas o sublíneas en las cuales se divide cada de ellas. Por último, se identifican otros documentos estrechamente relacionados con las medidas incluidas, especialmente de aquellas con incidencia en materia de energía y cambio climático.

Alicante

Documento de referencia	Plan de acción para la Energía Sostenible del Municipio de Alicante
Horizonte temporal	2014-2020
Organismo Responsable	Área de Medio Ambiente del Ayuntamiento de Alicante
Enlace web	https://www.alicante.es/sites/default/files/documentos/202202/6paes-alicante-v3-anexo.pdf
Descripción general	Plan de Acción para la Energía Sostenible (PAES), acorde con los objetivos y compromisos internacionales suscritos con la firma del Pacto de Alcaldes y Alcaldesas por el Clima y la Energía Sostenible. Propone una serie de actuaciones orientadas a obtener y cuantificar los datos sobre la evolución del cambio climático, la reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero en aquellos ámbitos de competencia municipal, la minimización de los previsibles efectos del cambio climático y la información y concienciación ciudadana. El modelo propuesto contempla la definición de las líneas estratégicas principales a través de planes sectoriales, el desarrollo de estas líneas por medio de programas específicos y su aplicación práctica mediante medidas detalladas que permitan la puesta en marcha de actuaciones encaminadas a cumplir los objetivos inicialmente definidos. Se estructura a partir de 3 planes de actuación, 6 programas y 16 actuaciones.
Principales líneas de actuación	1. Movilidad Sostenible (1.1 Plan de Movilidad Urbana Sostenible | 1.2. Fomento del uso de Vehículo Eléctrico | 1.3. Fomento del uso de la bicicleta). 2. Gestión de la Energía (2.1. La Administración y La Energía | 2.2. Energía Renovables). 3. Participación y fomento en el ahorro energético de los ciudadanos (3.1. Promoción de la Gestión Eficiente de la Energía).
Otros documentos complementarios	Plan de Acción Local Agenda Urbana 2030 (2022) Agenda Urbana Alicante 2030 (2022)

Barcelona

Documento de referencia	Plan Clima
Horizonte temporal	2018-2030
Organismo Responsable	Área de Ecología, Urbanismo, Infraestructuras y Movilidad del Ayuntamiento de Barcelona
Enlace web	https://ajuntament.barcelona.cat/ecologiaurbana/es/que-hacemos-y-porque/energia-y-cambio-climatico/plan-clima
Descripción general	Plan que concreta los compromisos internacionales suscritos con la firma del Pacto de Alcaldes y Alcaldesas por el Clima y la Energía Sostenible. Trabaja cuatro grandes aspectos con el horizonte 2030: mitigación (acciones para reducir las emisiones), adaptación y resiliencia (acciones para reducir la vulnerabilidad frente al cambio climático), justicia climática (acciones para garantizar los derechos de las personas más vulnerables) e impulso a la acción ciudadana (acciones para apoyar los proyectos de las organizaciones y la ciudadanía). Toma de base la trayectoria de la ciudad en políticas directamente relacionadas con el clima, así como las centradas en el cambio de modelo de ciudad, más verde, equitativa, eficiente y saludable. Entre otras, la hoja de ruta 2015-2017 y al Compromiso de Barcelona por el Clima. No obstante, se centra en aquellas acciones que hay que impulsar aún más o en medidas innovadoras que todavía no están planificadas. Compila así estrategias y acciones ya existentes y planifica otras nuevas. Se estructura a partir de 5 ámbitos de actuación, 18 líneas de acción y 241 medidas concretas.
Principales líneas de actuación	1. Las personas primero (1.1. Cuidar de todo el mundo | 1.2. Sin cortes | 1.3. Prevenir el calor). 2. Empezar por casa (2.1. Prevenir el calor | 2.2. Recuperar las azoteas). 3. Transformar el espacio común (3.1. Planificar en clave climática | 3.2. Mucho más verde | 3.3. Ni una gota perdida| 3.4. Renovables en el espacio público | 3.5. Movernos bien | 3.6. Conservar el mar). 4. Economía climática (4.1. Círculo virtuoso | 4.2. Consumo responsable |4.3. Residuo cero | 4.4. Soberanía alimentaria). 5. Construcción colectiva (5.1. Acción cultural por el clima | 5.2. Cooperación climática | 5.3. Organicémonos).
Otros documentos complementarios	La Agenda 2030 de Barcelona (2020)

Bilbao

Documento de referencia	Estrategia de Medio Ambiente de Bilbao
Horizonte temporal	2020-2050
Organismo Responsable	Área de Movilidad y Sostenibilidad del Ayuntamiento de Bilbao Oficina del Cambio Climático de Bilbao
Enlace web	https://biobilbao.bilbao.eus/wp-content/uploads/2021/05/20190415_Estrategia-BIOi-2050_CASTELLANO.pdf
Descripción general	La estrategia parte del modelo de ciudad y establece el marco medioambiental, la visión, los principios y las oportunidades para su futuro. La visión se circunscribe al lema Bilbao, ciudad Sostenible, Resiliente y Saludable. El objetivo último es una integración efectiva de los principios de sostenibilidad en todas las políticas municipales. Toma como eje transversal la ciudad inteligente a partir del cual integrar todas aquellas acciones que derivan en reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y de los consiguientes efectos sobre el cambio climático. Considera el efecto directo de mejora en la salud, derivado de la reducción de los gases de efecto invernadero, como de la reducción de los riesgos del cambio climático. Se estructura a partir de 5 grandes retos, 18 objetivos y 69 acciones estratégicas.
Principales líneas de actuación	1. Bilbao Neutra en Carbono (1.1. Electrificación y sostenibilidad de la movilidad | 1.2. Ahorro del consumo de energía | 1.3. Incremento de la producción y uso de energía local | 1.4. Incremento de la Producción y uso de energías renovables | 1.5. Sumideros de CO_2 | 1.6. Reducción y reciclaje de residuos originados). 2. Bilbao + Adaptada al Cambio Climático (2.1. Fuego: Fortalecimiento de la salud frente a olas de calor y vectores infecciosos | 2.2. Agua: Fortalecimiento de las capacidades locales del medio urbano frente a inundaciones y sequias | 2.3. Piedra/Tierra: Fortalecimiento de las capacidades locales en prevención de catástrofes y gestión de los riesgos naturales | 2.4. Semilla: Activación de recursos necesarios para la adaptación en 2050 a los cambios climáticos). 3. Bilbao + Saludable (3.1. Mejora calidad del aire y ambiente sonoro | 3.2. Mejora del resto de aspectos ambientales | 3.3. Confortabilidad de los espacios públicos urbanos | 3.4. Salubridad urbana). 4. Bilbao + Smart (4.1. Evaluación de la disponibilidad de Redes Inteligentes | 4.2. Cuadro de Mando de la Estrategia | 4.3. Gobernanza Ambiental | 4.4. Participación Ciudadana en temas ambientales | 4.3. Desarrollo Económico Inteligente: Bilbao Circular | 4.4. I+D BIO)
Otros documentos complementarios	Plan de Adaptación al Cambio Climático de Bilbao Estrategia Energética de Euskadi 2030

Córdoba

Documento de referencia	Plan Estratégico Municipal de Adaptación al Cambio Climático de Córdoba. Diagnóstico y Medidas de Actuación
Horizonte temporal	2020-2050
Organismo Responsable	Delegación de Medio Ambiente e Infraestructuras del Ayuntamiento de Córdoba
Enlace web	https://www.cordoba.es/medio-ambiente/plan-estrategico-municipal-de-adaptacion-al-cambio-climatico
Descripción general	Tiene por objeto plantear una serie de propuestas de actuación para adaptar la ciudad de Córdoba a los efectos del Cambio Climático en los horizontes del 2030 y 2050. Se basa en cinco objetivos estratégicos 1. Llevar a cabo una gestión municipal vinculada a la adaptación al Cambio Climático. 2. Diseñar una ciudad amable que implique mejora de la calidad de vida para la ciudadanía a la vez que un atractivo para el visitante. 3. Adaptar a las personas. 4. Impulsar una economía circular. 5. Iniciar el cambio para que Córdoba sea una ciudad en Transición. Se estructura a partir de 4 ejes estratégicos, 20 líneas de actuación y 40 acciones.
Principales líneas de actuación	1. Fortalecimiento institucional y ciudadano (1.1. Creación de un órgano interno de coordinación | 1.2. Desarrollar acuerdos interinstitucionales para gestionar el riesgo | 1.3. Desarrollo del conocimiento para favorecer resiliencia | 1.4. Puesta en marcha de proyectos de demostración | 1.5. Sensibilizar a la ciudadanía | 1.6. Incluir criterios climáticos en las contrataciones). 2. Planificación territorial vinculado a la adaptación al cambio climático (2.1. Incorporar criterios ligados a la adaptación | 2.2. Adecuar los espacios públicos a los efectos del clima | 2.3. Adecuar las viviendas y edificios a los efectos del clima). 3. Gestión del riesgo y el cambio climático (3.1. Desarrollar conciencia ciudadana | 3.2. Integrar las variables climáticas en la cartografía de riesgos | 3.3. Adaptar las infraestructuras para reducir vectores infecciosos | 3.4. Mejorar la resiliencia de la ciudad). 4. Desarrollo sostenible coherente con la adaptación al cambio climático (4.1. Incentivar la eficiencia energética y la integración de criterios bioclimáticos en la edificación | 4.2. Gestionar de manera responsable la energía | 4.3. Desarrollar un modelo eficiente en el uso del agua | 4.4. Incrementar la capacidad de drenaje y filtración de agua | 4.5. Reducir la generación de residuos y aprovechamiento energético | 4.6. Fomentar el confort del turista | 4.7. Sensibilización del turista | 4.8. Asegurar la conservación de la biodiversidad | 4.9. Proteger los espacios naturales).
Otros documentos complementarios	Plan Estratégico Agenda Córdoba

A Coruña

Documento de referencia	Estrategia contra el Cambio Climático de A Coruña. Plan de Acción de la Energía Sostenible
Horizonte temporal	2014-2020
Organismo Responsable	Concejalía de Medio Ambiente y Sostenibilidad del Ayuntamiento de A Coruña
Enlace web	https://www.coruna.gal/medioambiente/es/sectores-ambientales/cambio-climatico/estrategia?argIdioma=es
Descripción general	Instrumento estratégico de planificación y coordinación que define los objetivos y diseña las actuaciones para la reducción de gases de efecto invernadero en base a los compromisos internacionales suscritos con la firma del Pacto de Alcaldes y Alcaldesas por el Clima y la Energía Sostenible. Se establecen 7 objetivos generales: (1) Establecer mecanismos frente a la correcta gestión, control y cálculo de las emisiones de efecto invernadero; (2) Reducir las emisiones causados por la actividad municipal; (3) Ampliar o mejorar la acción de las formaciones vegetales existentes como sumideros de gases de efecto invernadero; (4) Incentivar el uso de tecnologías más eficientes o innovadoras en el ámbito del consumo energético; (5) Mitigar los efectos del cambio climático mediante mecanismos de adaptación; (6) Aumentar la concienciación y sensibilización de la población por las causas y consecuencias del cambio climático; (7) Generar empleo en sectores económicos relacionados con el medio ambiente. Se estructura a partir de 8 planes de acción, 12 programas de actuación y 53 medidas.
Principales líneas de actuación	1. Medidas transversales. 2. Movilidad Sostenible (2.1. Planificación de la movilidad sostenible | 2.2. Programa de Promoción de los desplazamientos no motorizados | 2.3. Programa de Fomento del uso de Transporte colectivo | 2.4 Programa de mejora de la eficiencia en el transporte). 3. Gestión de la Energía (3.1. Programa de Optimización de la Gestión | 3.2. Programa de Eficiencia energética en dependencias Municipales | 3.3. Programa de Eficiencia energética en equipamientos | 3.4. Programa de Energías renovables y Tecnologías eficientes). 4. Edificación y Planificación Urbana (4.1. Programa de Planificación urbana ante el cambio climático | 4.2. Programa de Edificación Sostenible). 5. Gestión de Residuos. 6. Participación y sensibilización ciudadana (6.1. Programa de Participación Ciudadana | 6.2. Programa de Participación Ciudadana). 7. Cooperación al Desarrollo. 8. Acciones dirigidas a los sectores industrial y comercial.
Otros documentos complementarios	Estrategia metropolitana del área urbana de A Coruña. Coruña Futura. Proyecto ciudad. Estrategia Integrada Urbana Sostenible (EIDUS)

Granada

Documento de referencia	Estrategia Granada 2020: Haciendo Humano lo Urbano (EG2020)
Horizonte temporal	2014-2020
Organismo Responsable	Consejo Social de la Ciudad. Ayuntamiento de Granada
Enlace web	https://www.granada.org/ob2.nsf/in/EG2020/$file/EG2020_Estrategia_Granada_2020_Haciendo_humano_lo_urbano.pdf
Descripción general	Herramienta de gestión que integra las nuevas políticas y acciones a desarrollar en base a la opinión de la sociedad en su conjunto en el gobierno de la ciudad de forma efectiva y operativa, alineando los objetivos estratégicos al contexto regional, nacional y europeo. Busca el crecimiento económico y la mejora de la competitividad, la construcción de un entorno urbano sostenible y la integración social en base a 6 principios básicos: implicación política, prospectiva, innovación, sostenibilidad, responsabilidad y definición de valores. Su misión es introducir cambios en la forma de gobernar, haciendo más humano lo urbano, y fortalecer el desarrollo económico y un crecimiento inteligente y sostenible mediante el uso eficiente y sostenible de los recursos territoriales, la mejora continua de la calidad de vida y la reducción de las desigualdades sociales. Se estructura a partir de 6 líneas estratégicas, 12 objetivos estratégicos, 27 objetivos temáticos y 83 acciones.
Principales líneas de actuación	1. Gobernanza (1.1. Promover la transparencia y eficiencia en la gestión municipal | 1.2. Fomentar los instrumentos de gobernanza local). 2. Ciudad Sostenible (2.1. Crear un entorno urbano sostenible | 2.2. Establecer un entorno saludable y de calidad de vida mediante la conservación y protección del entorno físico y medioambiental de Granada | 2.3. Fomentar la economía baja en carbono, cumpliendo los compromisos de reducción de CO2 marcados para el horizonte 2020). 3. Competitividad y desarrollo económico (3.1. Promover una economía local basada en la innovación, investigación y desarrollo tecnológico | 3.2. Retener y atraer el talento, especialmente de los jóvenes | 3.3. Impulsar la imagen de Granada ligada a la salud). 4. Granada ciudad cultural (4.1. Reforzar la visión de Granada como Ciudad Creativa y Cultural). 5. Innovación social (5.1. Fomentar la integración social, la solidaridad y la lucha contra la pobreza y las desigualdades | 5.2. Hacer de Granada una ciudad saludable, accesible e inclusiva). 6. Granada Smart City (6.1. Fomentar la incorporación de las nuevas tecnologías de la información y comunicación para mejorar la calidad de vida de los ciudadanos y la eficiencia de los recursos.
Otros documentos complementarios	EDUSI Aglomeración Urbana de Granada

Las Palmas de Gran Canaria

Documento de referencia	Plan de acción de la Agencia Local Gestora de la Energía de Las Palmas de Gran Canaria (ALGE)
Horizonte temporal	(2018-2019) - 2020
Organismo Responsable	Agencia Local Gestora de la Energía de Las Palmas de Gran Canaria (ALGE)
Enlace web	https://www.laspalmasgc.es/es/ayuntamiento/organismos-y-empresas/agencia-local-gestora-de-la-energia/
Descripción general	Plan de actuación de la Agencia, instrumento de planificación y gestión energética municipal, tanto en el Ayuntamiento como en la ciudad, en coordinación con todas las Áreas, Empresas y Entidades municipales y con las diferentes Administraciones, con el propósito de fomentar el ahorro y la eficiencia energética y la implantación de las energías renovables, a fin de contribuir y progresar hacia un modelo energético más sostenible desde el ámbito local. Surge en base a los compromisos internacionales suscritos con la firma del Pacto de Alcaldes y Alcaldesas por el Clima y la Energía Sostenible, teniendo como objetivo principal avanzar en la elaboración del Plan de Acción para el Clima y la Energía Sostenible (PACES) de la ciudad, actualmente en redacción. Se estructura a partir de 4 programas o ejes de acción, 13 acciones que los desarrollan y 2 actividades transversales en el desarrollo y promoción de la transición energética.
Principales líneas de actuación	1. Ahorro y Eficiencia Energética (1.1. Equipo de Gestión Energética Municipal | 1.2. Agenda 2030 y el Pacto de los Alcaldes por el Clima y la Energía Sostenible | 1.3. Medición de la Eficiencia Energética en las instalaciones municipales). 2. Energías Renovables (2.1. Mantenimiento de las instalaciones de EERR adscritas a la ALGE | 2.2. Plan fotovoltaico en edificios municipales | 2.3. Proyectos de instalaciones solares de autoconsumo en colegios). 3. Difusión y Formación (3.1. Organización del "Energy Day" en la Semana Europea de la Energía Sostenible | 3.2. Colaboración en la organización del Encuentro de las Agencias de la Energía Españolas y Ceremonia de Premios ENERAGEN | 3.3. Formación y Sensibilización | 3.4. Transparencia y comunicación). 4. Apoyo Institucional (4.1. Acuerdos y Colaboraciones | 4.2. Pobreza Energética | 4.3. Agenda de colaboración interdepartamental). T1. Proyectos europeos y T2. Iniciativa ciudadana.
Otros documentos complementarios	Plan de Acción de la Agenda Urbana Española en las Palmas de G.C. Estrategia Desarrollo Urbano Sostenible e Integrado Plan de Acción para el Clima y la Energía Sostenible (PACES) de Las Palmas de Gran Canaria (en redacción)

Madrid

Documento de referencia	Hoja de ruta hacia la neutralidad climática 2050
Horizonte temporal	2020-2050
Organismo Responsable	Área de Gobierno de Medio Ambiente y Movilidad del Ayuntamiento de Madrid
Enlace web	https://www.madrid.es/UnidadesDescentralizadas/Sostenibilidad/EspeInf/EnergiayCC/06Divulgación/6cDocumentacion/6cNHRNeutral/Ficheros/HRNeutralidadClimaMad2022.pdf
Descripción general	Análisis técnico que tiene por objeto dar soporte al compromiso político de acción frente al Cambio Climático de la ciudad. Recoge las palancas de transformación y las medidas prioritarias que hacen viable desde la perspectiva técnica, social y económica la voluntad de dirigir la ciudad hacia la neutralidad climática. Tiene como meta una reducción de las emisiones de gases de efecto invernadero del 65% en 2030, respecto a 1990, y alcanzar la neutralidad climática en el año 2050. Así mismo, pretende incidir de forma directa sobre una mejora en la calidad de vida, el desarrollo de una economía baja en carbono y en una mayor seguridad y resiliencia frente a los riesgos climáticos. Se estructura a partir de 6 ejes de acción, que se desarrollan en 18 acciones concretas.
Principales líneas de actuación	1. Descarbonización del sistema eléctrico; energía 100 % renovable (1.1. Fomentar la implantación de energía renovable |1.2. Mejorar los objetivos de producción de energía eléctrica renovable | 1.3. Facilitar el acceso (comunidades energéticas). 2. Edificios residenciales cero emisiones (2.1. Concienciar a la ciudadanía | 2.2. Impulsar la electrificación de la demanda climatización y agua caliente sanitaria | 2.3. Fomentar la generación de energía eléctrica distribuida mediante impulso al autoconsumo | 3. Transporte cero emisiones (3.1. Sensibilizar sobre reducir desplazamientos | 3.2. Animar a utilizar modos de transporte sostenible | 3.3. Mejorar el transporte público y flota municipal hacia la electrificación). 4: Edificios y locales del sector servicios cero emisiones (4.1. Impulsar el uso de sistemas e instalaciones más eficientes | 4.2. Fomentar la generación de energía eléctrica distribuida mediante impulso al autoconsumo | 4.3. Compartir la visión de edificios municipales e institucionales como nodos de generación de energía distribuida en la ciudad). 5. Reducir el impacto de los residuos (5.1. Sensibilizar sobre la necesidad de reducir en origen | 5.2. Mejorar los procesos de recuperación | 5.3. Mejorar la eficiencia de los tratamientos). 6. Reducir emisiones en otros sectores (6.1. Reducción en impacto de gases refrigerantes y disolventes | 6.2. Reducción de las emisiones en el sector industrial | 6.3. Naturalizar y reforestar el municipio).
Otros documentos complementarios	Estrategia de Sostenibilidad Ambiental Madrid 360 Plan de Calidad del Aire y Cambio Climático

Málaga

Documento de referencia	Alicia Plan del Clima de Málaga 2050
Horizonte temporal	2020-2050
Organismo Responsable	Observatorio de Medio Ambiente Urbano Ayuntamiento de Málaga
Enlace web	https://www.omau-malaga.com/agendaurbana/pagina.asp?cod=65
Descripción general	Se configura como un ambicioso reto de futuro, basado en un cambio de paradigma en la estructura y modelo de urbanización de la ciudad. Amplía considerablemente la reducción de emisiones de efecto invernadero prevista para 2020, al igual que la proyectada para 2030 y añade el horizonte 2050, donde se prevé la neutralidad carbónica, de forma análoga al Pacto Verde Europeo. Su metodología es la misma que la llevada a cabo en la Agenda Urbana de Málaga en torno a cuatro ejes: el modelo urbano y la movilidad, el metabolismo urbano, la biodiversidad y la cohesión social y económica. El Plan se estructura en cuatro documentos principales: (1) Consumo energético y emisiones de CO_2 en Málaga 2002-2017. (2) Metodología y elaboración de escenarios de emisiones de CO_2 en Málaga 2017-2050. (3) Evaluación de los riesgos y vulnerabilidades al cambio climático de Málaga. (4) Líneas estratégicas de mitigación y adaptación. Se estructura a partir de 6 bloques temáticos, 38 líneas estratégicas y 98 acciones concretas.
Principales líneas de actuación	1. Modelo Urbano (1.1 Adaptar el planeamiento a agenda urbana y plan del clima | 1.2. Edificación Sostenible | 1.3. Espacio Público | 1.4. Confort). 2. Movilidad (2.1 Transformación modelo | 2.2. Áreas de bajas emisiones | 2.3. Trasporte público | 2.3. Electrificación | 2.4. Reducción emisiones movilidad | 2.5. Movilidad para el clima | 2.6. Itinerarios peatonales). 3. Metabolismo Urbano (3.1. y 3.2. Rehabilitación energética residenciales y terciarios | 3.3. Energías renovables | 3.4. Alumbrado público | 3.5. Reducción emisiones grandes estructuras | 3.6 | Sumideros CO_2 | 3.7. Residuos cero | 3.8. Compra verde | 3.9. Economía circular y local | 3.10. Consumo responsable y alimentación saludable | 3.11. Turismo | 3.12 Gestión y uso eficiente agua | 3.12 Salud). 4. Biodiversidad (4.1. Adaptación al cambio climático | 4.2. Evaluación capacidad sumideros | 4.3. y 4.5 Conservación y restauración biodiversidad | 4.4. I+D en biodiversidad | 4.6. Interconexión sistemas naturales). 5. Cohesión Social y Desarrollo Económico (5.1. Políticas urbanas de cohesión social | 5.2. Políticas de desarrollo económico local). 6. Gobernanza: Transparencia y Buen Gobierno (6.1. Coordinación institucional | 6.2. Capacidad presupuestaria | 6.3. Concienciación y sensibilización | 6.4. Participación | 6.5. Formación | 6.6. Medidas normativas).
Otros documentos complementarios	Agenda Urbana de Málaga Plan especial del anillo verde de la zona este de Málaga Plan de Transporte Metropolitano del Área de Málaga.

Murcia

Documento de referencia	Estrategia de Adaptación al Cambio Climático 2030
Horizonte temporal	2018-2030
Organismo Responsable	Agencia Local de Energía y Cambio Climático Ayuntamiento de Murcia
Enlace web	https://www.energiamurcia.es/cambio-climatico-2/estrategia-adaptacion/
Descripción general	Documento estratégico que pretende definir modelo de resiliencia ante el cambio climático, mediante un desarrollo territorial y gestión pública que transversalizan la adaptación en todas las áreas de la sociedad. El objetivo es dar una respuesta a la necesidad de preparar a la ciudadanía, los sistemas sectoriales y naturales del municipio ante un clima cambiante e incrementar su resiliencia. Parte de un análisis de riesgos climáticos de cuatro sectores estratégicos: agua, medio natural, agricultura/huerta, salud, urbanismo. El documento pretende responder así a riesgos prioritarios como la disminución de las precipitaciones, la sequía, las olas de calor o el incremento de las temperaturas. Se estructura a partir de 4 objetivos estratégicos, 11 metas y 61 medidas.
Principales líneas de actuación	1. Desarrollando e implementando un modelo de planeamiento del municipio de Murcia, consensuado, integrado, equilibrado y resiliente ante el cambio climático (1.1. Revisando y actualizando el marco global de planificación territorial a favor de la resiliencia climática | 1.2. Diseñando y actualizando las planificaciones sectoriales en el sentido de la resiliencia climática). 2. Preparando a la sociedad ante los riesgos extremos derivados del cambio climático (2.1. Desarrollando mecanismos incentivadores para una mayor resiliencia de la sociedad ante la evolución de la disponibilidad del recurso agua | 2.2. Preparando a la sociedad ante el incremento de la temperatura media y los episodios de calor extremo). 3. Integrando proyectos piloto, de buenas prácticas, innovadores y ejemplificadores de la adaptación al cambio climático en la gestión municipal (3.1. Facilitando la transversalización del riesgo climático en la acción municipal | 3.2. Incrementando la aplicación de prácticas de gestión sostenible en el Ayuntamiento | 3.3. Mejorando la gestión de los recursos naturales en los espacios y ámbitos de actuación de competencia municipal | 3.4. Demostrando soluciones de urbanización y construcción adaptada en las infraestructuras municipales y acupuntura urbana para su réplica en el territorio). 4. Conservando la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos (4.1. Recuperando los recursos naturales| 4.2. Protegiendo el entorno natural ante las presiones exteriores | 4.3. Valorizando el papel de la huerta en la adaptación al cambio climático).
Otros documentos complementarios	Estrategia de Mitigación del Cambio Climático 2030

Palma de Mallorca

Documento de referencia	Plan de Acción por el Clima y la Energía Sostenible de Palma
Horizonte temporal	2022-2030
Organismo Responsable	Ayuntamiento de Palma
Enlace web	https://www.palma.cat/portal/PALMA/RecursosWeb/DOCUMENTOS/1/3_81527_1.pdf
Descripción general	Documento que integra plan de mitigación y adaptación al cambio climático en el marco del compromiso político del Pacto de Alcaldes y Alcaldesas. Se construye en base a los planes y proyectos anteriormente elaborados referenciados más abajo. El plan de mitigación busca aumentar al menos 32% de cuota de energías renovables, mejorar un 32,5% la eficiencia energética del municipio y reducir 40% de las emisiones generadas. Por su parte, el plan de adaptación parte de un análisis de vulnerabilidad de 11 sectores estratégicos: (1) Agricultura y ganadería, (2) Biodiversidad, (3) Litoral y sistemas costeros, (4) Sector gestión del agua, (5) Gestión forestal, (6) Industria, servicios y comercio, (7) Sector movilidad e infraestructuras de transporte, (8) Sector salud y bienestar, (9) Sector energético, (10) Sector turismo, (11) Sector urbanismo y vivienda. Se estructura a partir de 4 objetivos estratégicos, 10 metas y 76 medidas organizadas por ámbitos relacionados con la dependencia de estos con la gestión municipal.
Principales líneas de actuación	1. Sensibilizar y formar a la ciudadanía sobre el cambio climático (1.1. Acercar a la ciudadanía al territorio y a la cultura local | 1.2. Colaborar en la difusión para aumentar la resiliencia frente al cambio climático | 1.3. Sensibilizar a la ciudadanía sobre el uso sostenible del agua y aumentar la eficiencia del sistema de distribución y drenaje). 2. Fomentar la eficiencia energética y el uso de energías renovables (2.1. Incrementar la resiliencia y adaptación al cambio climático en la ordenación urbana | 2.2. Incentivar la eficiencia energética y la integración de criterios bioclimáticos en la edificación). 3. Incentivar la gestión responsable de recursos (3.1. Promocionar I+D+I en relación con el cambio climático | 3.2. Promover planes de prevención de incendios e inundaciones). 4. Diseñar un municipio sostenible y eficiente (4.1. Poner en marcha acciones para proteger la agricultura frente a plagas y otras consecuencias del cambio climático | 4.2. Incorporar criterios relacionados con la adaptación al cambio climático en la planificación urbanística | 4.3. Mejorar la integración entre el municipio y el medio ambiente).
Otros documentos complementarios	Plan de Acción para la Energía Sostenible de Palma (PAES) Inventario de Emisiones de Referencia Evaluación de Riesgos y Vulnerabilidades por Cambio Climático

Sevilla

Documento de referencia	Plan Estratégico de Sevilla 2030
Horizonte temporal	2020-2030
Organismo Responsable	Ayuntamiento de Sevilla
Enlace web	https://www.sevilla.org/planestrategico2030
Descripción general	Desarrolla el modelo de ciudad en base al objetivo o meta central "Sevilla compartida", proyecto de ciudad para el bien común. En su redacción ha integrado y actualizado el proceso de planificación estratégica de la ciudad desde una perspectiva integradora, atendiendo al conjunto de planes sectoriales con incidencia en el modelo de ciudad, entre otros los relacionados con el clima y la energía sostenible. El documento incluye un compromiso explícito para alcanzar ese modelo de ciudad, respondiendo a la cuestión de qué hacer, a través de una serie de objetivos, y posteriormente estrategias de cómo hacerlo, desarrolladas en acciones y proyectos. Se estructura a partir de 6 objetivos específicos, 36 estrategias y 76 medidas organizadas por ámbitos relacionados con la dependencia de estos con la gestión municipal.
Principales líneas de actuación	1. Generar empleo y desarrollo económico (1.1. Políticas activas de empleo | 1.2. Ampliación y modernización del tejido productivo | 1.3. Identidad industrial, promoción económica metropolitana | 1.4. Impulso a iniciativas locales | 1.5. Turismo sostenible con la ciudadanía en el centro | 1.6. Innovación, retención del talento). 2. Luchar contra la pobreza y las desigualdades (2.1. Planes integrales de barrio | 2.2. Ampliación de los servicios sociales comunitarios | 2.3. Romper el círculo de la pobreza | 2.4. Educación, colegios abiertos | 2.5. Innovación social transformadora | 2.6. Vivienda asequible | 2.7. Salud). 3. Crear una ciudad sostenible, que mitiga y se adapta al cambio climático (3.1. Descarbonización | 3.2. Urbanismo y arquitectura bioclimática | 3.3. Espacios verdes | 3.4. Movilidad sostenible | 3.5. Economía circular) 4. Desarrollar la gobernanza y la participación ciudadana (4.1. Planificación | 4.2. Área metropolitana | 4.3. Capitalidad y alianzas | 4.4. Smart community | 4.5. Participación). 5. Impulsar el ejercicio de los derechos ciudadanos, la vida comunitaria y los valores cívicos (5.1. Capital social y vida comunitaria | 5.2. Civismo | 5.3. Seguridad | 5.4. Igualdad de género | 5.5. Mayores | 5.6. Accesibilidad universal | 5.7. Jóvenes). 6. Promover la cultura, la creatividad y favorecer la diversidad en la ciudad (6.1. Identidad en torno a un proyecto compartido | 6.2. Cultura y creatividad | 6.3. Diversidad e inclusión | 6.4. Patrimonio | 6.5. Deporte | 6.6. Proyección exterior).
Otros documentos complementarios	Plan de Acción por el Clima y la Energía Sostenibles PACES de Sevilla. Plan de Adaptación. Plan de Acción por el Clima y la Energía Sostenibles PACES de Sevilla. Plan de Mitigación.

Valencia

Documento de referencia	Estrategia Urbana Valencia 2030
Horizonte temporal	2020-2030
Organismo Responsable	Oficina Técnica Estrategia Urbana 2030 Ayuntamiento de Valencia
Enlace web	https://estrategiaurbanavlc2030.es/laestrategia/
Descripción general	Es la hoja de ruta que permitirá un desarrollo integral, innovador, compartido y transformador de la ciudad para la próxima década. Busca ser una herramienta de reflexión, deliberación y actuación compartida para integrar los planteamientos de las distintas instituciones y entidades públicas, privadas, sociales, ciudadanas, académicas y culturales sobre el futuro de la ciudad. Propone siete principios inspiradores: (1) Mirada a largo plazo, (2) Perspectiva de conjunto y énfasis en los elementos transversales, (3) Visión metropolitana, (4) Colaboración y diálogo entre agentes, (5) Emergencia climática, reducción de la desigualdad, desarrollo económico y recuperación de la pandemia Covid-19, (6) Planificación acción: orientación a la implementación, la evaluación y el aprendizaje, (7) Orientación a Misiones. Su combinación da forma a seis miradas o metas: (1) Ciudad Saludable, (2) Ciudad Emprendedora, (3) Ciudad Creativa, (4) Ciudad Compartida, (5) Ciudad Sostenible, (6) Ciudad Mediterránea. Se estructura a partir de 12 líneas estratégicas, 30 programas y 158 de actuación).
Principales líneas de actuación	1. Resiliencia climática, territorio y renaturalización de la ciudad | 2. Transición energética justa e inclusiva | 3. Movilidad urbana y metropolitana sostenible, inclusiva y eficiente | 4. Alimentación sostenible y de proximidad | 5. Ciudad inclusiva y de proximidad | 6. Regeneración urbana basada en la cohesión social, la accesibilidad y la sostenibilidad | 7. Vivienda accesible y sostenible | 8. Tejido asociativo y redes ciudadanas intergeneracionales e interculturales | 9. Bienestar, educación y salud y en todas las etapas de la vida | 10. Desarrollo económico integrador y sostenible | 11. Innovación, cultura y turismo sostenible | 12. Gobernanza urbana y metropolitana.
Otros documentos complementarios	Plan de Acción para el Clima y la Energía Sostenible de la ciudad de Valencia (PACES)

Valladolid

Documento de referencia	Estrategia de cambio climático Valladolid
Horizonte temporal	2022-2030
Organismo Responsable	Agencia de Innovación Ayuntamiento de Valladolid
Enlace web	http://www.valladolidadelante.es/sites/default/files/Climate_Plan.pdf
Descripción general	Marco estratégico a partir del cual desarrollar un futuro plan operativo de medidas para ser climáticamente neutra en el 2030. La estrategia se apoya sobre 4 pilares que a su vez son sus metas: la neutralidad climática, un aumento de la capacidad de adaptación, digitalización, gestión de datos e información que apoye este proceso de forma transparente e inclusiva, y poner a la ciudadanía como eje central de un proceso de transformación, hacia un desarrollo resiliente y climáticamente neutro enfocado en el bienestar a largo plazo. Se sustenta sobre dos conceptos clave: el de neutralidad climática y el de adaptación, definidos por el Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Se estructura a partir de 9 clústeres temáticos y 150 líneas de acción.
Principales líneas de actuación	1. Clima, recursos hídricos y riesgos (fomentar el uso de datos para desarrollar modelos frente a riesgos por cambio climático) | 2. Sistemas naturales, biodiversidad, agricultura y ganadería (soluciones basadas en la naturaleza y política de reforestación) | 3. Ciudad, urbanismo y edificación e infraestructura (integración de los objetivos de neutralidad climática y adaptación en las políticas urbanas y la mejora de la eficiencia energética en edificios) | 4. Salud Pública (medidas de adaptación para reducir impacto en salud, preparar infraestructuras y servicios, reducir emisiones y mejorar la calidad del aire) | 5. Movilidad y Transporte (aumentar el uso del transporte público multimodal, el vehículo eléctrico, los modos de transporte no motorizado y el protagonismo del peatón | 6. Energía (fomento de energías renovables, el autoconsumo, las comunidades energéticas, la economía circular, el aprovechamiento de los residuos sólidos y aguas residuales, la instalación de paneles solares y la biomasa de origen local) | 7. Industria, servicios, sistema financiero y actividad aseguradora (fomentar actividades locales sostenibles, la digitalización de la economía, el empleo verde, apoyar al sector terciario, la colaboración público-privada y la interacción con el sector asegurador) | 8. Turismo y patrimonio cultural (potenciar modelos turísticos más sostenibles y resilientes, inteligente y de calidad, y proteger el patrimonio de los impactos) | 9. Educación, I+D+I y sociedad (fomentar la participación, la co-creación, la colaboración público-privada y el conocimiento sobre el cambio climático y su adaptación).
Otros documentos complementarios	Agenda Urbana de Valladolid 2030 Estrategia de Adaptación al cambio climático de Valladolid Plan de acción para la energía sostenible de Valladolid (PAES)

Vitoria

Documento de referencia	Plan de Acción de Clima y Energía Sostenible de Vitoria-Gasteiz PACES 2030
Horizonte temporal	2022-2030 (2050)
Organismo Responsable	Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz
Enlace web	https://www.vitoria-gasteiz.org/wb021/was/contenidoAction.do?uid=u_39f815d1_127fa8ec204__7fb5&idioma=es&lang=es&locale=es
Descripción general	Herramienta de planificación municipal para acelerar la transición energética y la acción por el clima, en base a los compromisos suscritos con el Pacto de Alcaldes y Alcaldesas, y la dilatada experiencia de la ciudad en la lucha contra el cambio climático. Se pretende avanzar en la descarbonización del territorio, garantizar que los ciudadanos disfruten del acceso a una energía segura, sostenible y asequible, y reforzar su capacidad de adaptación a los inevitables impactos del cambio climático. Establece la hoja de ruta para transformar el territorio en una ciudad climáticamente neutra y resiliente antes de 2050, y para consolidar la alta calidad ambiental del municipio, con una visión intermedia hacia 2030. Se estructura a partir de 13 ámbitos estratégicos, 23 líneas estratégicas y 100 acciones.
Principales líneas de actuación	1. Generación energética y energías renovables (1.1. Implantación de proyectos | 1.2. Gestión del autoconsumo). 2. Edificación industrial, residencial y terciaria (2.1. Gestión proactiva de rehabilitación; reducción de demanda y consumo) | 3. Movilidad sostenible y eficiente (3.1. Movilidad de proximidad y compartida | 3.2. Electrificación de vehículos e infraestructura). 4. Gobernanza y ciudadanía (4.1. Liderazgo en transición | 4.2. Comunidades energéticas | 4.3. Sensibilización, divulgación y participación | 4.4. Apoyo a las iniciativas ciudadanas | 4.5. Generación de conocimiento | 4.6. Integración de la adaptación en la planificación y gestión | 4.7. Posicionamiento internacional). 5. Equipamientos y servicios municipales (5.1. Equipamientos y servicios municipales eficientes y ejemplarizantes). 6. Sector agropecuario y sumideros (6.1. Reducción de GEI en el sector agropecuario | 6.2. Aumento de capacidad de sumideros | 6.3. Potenciación sector rural resiliente) 7. Recursos hídricos (7.1. Manejo adaptativo de recursos). 8. Recursos naturales (8.1. Preservación, conservación y mejora de espacios y recursos). 9. Tejido urbano y espacio público (9.1. Soluciones adaptativas). 10. Infraestructuras (10.1. Mejora resiliencia). 11. Actividades económicas (11.1. Mejora funcionamiento en nuevo contexto climático). 12. Actividad física y deporte (12.1. Adaptación a nuevo contexto climático). 13. Salud (13.1. Mejora de la salud ante el cambio climático).
Otros documentos complementarios	Hoja de ruta. Estrategia de transición energética 2020-2030 Plan de acción de adaptación al cambio climático Plan de movilidad sostenible y espacio público

Zaragoza

Documento de referencia	Plan de Acción por el Clima y la Energía Sostenible del Municipio de Zaragoza 2030 - PACES Zaragoza 2030
Horizonte temporal	2021-2030
Organismo Responsable	Servicio de Medio Ambiente y Sostenibilidad Ayuntamiento de Zaragoza
Enlace web	http://www.zaragoza.es/contenidos/medioambiente/2021-PACES-Zaragoza-2030.pdf
Descripción general	Respuesta municipal a los esfuerzos comunitarios para hacer frente al Cambio Climático, para lo que se propone reducir las emisiones de CO_2 en un 55% en 2030 respecto al valor de 2005 mediante medidas medioambientales ejemplarizantes a corto, medio y largo plazo alineándose con la Estrategia de la UE para la adaptación al cambio climático. Parte de un Análisis de Riesgos y Vulnerabilidades, primer paso en la definición de un plan de acción de adaptación. También un Inventario de Emisiones de Referencia para realizar el seguimiento de las acciones de mitigación, que se implementarán de manera progresiva durante el horizonte temporal propuesto. Dichas acciones constituyen el plan de acción de mitigación, el cual se estructura en 4 sectores y 16 ámbitos de actuación y 23 acciones de actuación.
Principales líneas de actuación	1. Edificios, equipamiento/instalaciones e industria (1.1. Edificios y equipamiento/instalaciones municipales | 1.2. Edificios y equipamiento terciarios (no municipales) | 1.3. Edificios residenciales | 1.4. Alumbrado público). 2. Transporte (2.1 Flota de Transporte Municipal | 2.2. Transporte público. | 2.3. Transporte privado y comercial). 3. Producción local de electricidad (3.1. Energía hidroeléctrica | 3.2. Energía eólica | 3.3. Fotovoltaica | 3.4. Cogeneración de calor y electricidad. 4. Producción local de calefacción/refrigeración (4.1. Energía solar térmica | 4.2. Biomasa | 4.3. Aerotermia | 4.4. Geotermia). De todas ellas, los principales sectores de actuación serán los Edificios Residenciales y el Transporte, que juntos aportan más del 90% de las emisiones de gases de efecto invernadero.
Otros documentos complementarios	Aportando valor para alcanzar los objetivos de desarrollo sostenible 2011-2030 ECAZ3.0. Estrategia de Cambio Climático, Calidad del Aire y Salud de Zaragoza

Evaluación de las políticas españolas

Uno de los estudios realizados en esta investigación es el **análisis comparativo respecto a diferentes ciudades que aborda el grado de aplicación de las diferentes líneas de acción o políticas integradoras en torno a las cuales se estructuran las medidas presentadas en el Pacto Verde Europeo (PVE),** presentado por la Comisión Europea el 11 de diciembre de 2019, para la consecución de una neutralidad de carbono para el año 2050 en el ámbito de la Unión Europea.

Para ello, se han confrontado las principales acciones propuestas en cada política del PVE con su nivel de implementación y consecución en las dieciséis capitales de provincia objeto de la muestra (capitales más pobladas). Para ajustar el análisis a cada una de las ciudades, se han desglosado cada una de las acciones en diferentes subacciones, basadas en las puestas en marcha por la ciudad de Madrid en su "Hoja de Ruta hacia la neutralidad climática de la ciudad en 2050" (Ayuntamiento de Madrid, 2022), en el contexto de la Estrategia Ambiental Madrid 360, por ser una de las capitales con un mayor desarrollo en cuanto a concreción de medidas y estrategias a adoptar para la consecución de una mayor sostenibilidad "ambiental, con especial incidencia en la mejora en la calidad de vida, en el desarrollo de una economía baja en carbono y en una mayor seguridad y resiliencia frente a los riesgos climáticos" (Ayuntamiento de Madrid, 2022:3).

Las líneas o políticas de acción que presenta el PVE ocupan la primera de las columnas de la tabla y establecen siete grandes capítulos, que se han sintetizado en: energía, industria, construcción, movilidad, sistema agroalimentario, biodiversidad y contaminación cero. Se ha excluido de manera explícita la primera de las líneas que propone el PVE (ambición climática), por considerarla transversal al resto y estar presente de manera implícita en cada uno de ellos.

En la segunda columna de la tabla se han desgranado cada uno de los siete capítulos anteriores en aquellas acciones que son susceptibles de ser aplicadas en entornos urbanos (ciudades). A su vez, en la tercera columna, se concreta cada una de estas acciones en diferentes subacciones, tomando como referencia lo puesto en marcha en la ciudad de Madrid: un total de 40 entradas a analizar en las diferentes ciudades.

Para el análisis del grado de cumplimiento de estas subacciones en cada ciudad se ha optado por una puntuación en tres niveles (1, 0,5 y 0), que se correspondería al grado de aplicación de cada una de ellas (total, medio o nulo, respectivamente). Para la comprobación del cumplimiento y aplicación de estas acciones se ha tomado como referencia los principales documentos municipales que tratan en cada ciudad los

aspectos relacionados con los objetivos y estrategias medioambientales, climáticas, de movilidad y sostenibilidad en cada una de las ciudades. Los documentos en los que se ha basado el análisis en cada una de ellas se indican a continuación:

Ciudad	Documento	
Madrid	*Hoja de Ruta hacia la neutralidad climática de la ciudad en 2050*	(1)
Barcelona	*Plan Clima 2018-2030*	(2)
Valencia	*Marc Estretègic Ciutat de València: Estratègia Urbana València 2030*	(3)
Sevilla	*Plan estratégico 2030: Objetivos y Estrategias Sevilla 2030*	(4)
Zaragoza	*ECAZ 3.0: Estrategia de Cambio Climático, Calidad del Aire y Salud de Zaragoza*	(5)
Málaga	*Alicia: Plan del Clima de Málaga 2050*	(6)
Murcia	*Estrategia de Mitigación al Cambio Climático del Municipio de Murcia 2030*	(7)
Palma	*Pla d'Acció per Clima i l'Energia Sostenible (PACES) de Palma*	(8)
Las Palmas	*Plan de Actuación Anual de Las Palmas 2022*	(9)
Bilbao	*Estrategia de Medio Ambiente de Bilbao 2020-2050*	(10)
Alicante	*Proyectos Estratégicos de la Agenda Urbana de Alicante (AUA)*	(11)
Córdoba	*Plan Estratégico Municipal de Adaptación al Cambio Climático de Córdoba*	(12)
Valladolid	*Estrategia de cambio climático de Valladolid*	(13)
Vitoria	*Plan de Movilidad Sostenible y Espacio Público de Vitoria-Gasteiz 2021-2025*	(14)
A Coruña	*Estrategia Contra el Cambio Climático de A Coruña*	(15)
Granada	*EG2020: Estrategia Granada 2020. Haciendo humano lo urbano*	(16)

(1) https://www.madrid.es/portales/munimadrid/es/Inicio/Medio-ambiente/Hoja-de-Ruta-hacia-la-neutralidad-climatica-en-2050/?vgnextfmt=default&vgnextoid=7c1395b79fde7710VgnVCM2000001f4a900aRCRD&vgnextchannel=3edd31d3b28fe410VgnVCM1000000b205a0aRCRD
(2) https://www.barcelona.cat/barcelona-pel-clima/sites/default/files/documents/plan_clima_juny_ok.pdf
(3) https://www.valencia.es/documents/20142/13020350/MARC+ESTRAT%C3%88GIC+CIUTAT+DE+VAL%C3%88NCIA_2030_V47.pdf/52090504-b48f-95bc-4252-098a89c66792?t=1621318992425
(4) https://www.sevilla.org/planestrategico2030/documentos/sevilla-2030/plan-estrategico-sevilla-2030/objetivos-y-estrategias-sevilla2030.pdf
(5) http://www.zaragoza.es/contenidos/medioambiente/ecaz/ecaz30-plan-accion-40-acciones.pdf
(6) https://www.omau-malaga.com/agendaurbana/pagina.asp?cod=61
(7) https://www.murcia.es/medio-ambiente/medio-ambiente/material/estrategia_cambio_climatico/Estrategia%20Mitigaci%C3%B3n%20definitivo.pdf
(8) https://www.palma.cat/portal/PALMA/RecursosWeb/DOCUMENTOS/1/3_81527_1.pdf
(9) https://www.laspalmasgc.es/es/areas-tematicas/urbanismo-e-infraestructuras/agenda-urbana-espanola-en-las-palmas-de-gran-canaria/plan-de-accion/
(10) https://biobilbao.bilbao.eus/wp-content/uploads/2021/05/20190415_Estrategia-BIOi-2050_CASTELLANO.pdf
(11) https://www.alicante.es/sites/default/files/documentos/202202/borrador-proyectos-estrategicos.pdf
(12) https://www.cordoba.es/medio-ambiente/plan-estrategico-municipal-de-adaptacion-al-cambio-climatico
(13) http://www.valladolidadelante.es/sites/default/files/Climate_Plan.pdf
(14) https://www.vitoria-gasteiz.org/docs/wb021/contenidosEstaticos/adjuntos/es/45/92/94592.pdf

(15) https://www.coruna.gal/medioambiente/es/sectores-ambientales/cambio-climatico/estrategia?argIdioma=es
(16) https://www.granada.org/inet/consejosocial.nsf/0e443f454c394e5bc1257f8f003baea2/e1e520a32cee4e29c1257f8e003fab3b/$FILE/03.%20Hacia%20un%20nuevo%20marco%20estrat%C3%A9gico%20.pdf

Tabla 1. Selección de ciudades y documentos evaluados en cada una de ellas. Elaboración propia.

La tabla tiene una doble lectura de datos, tanto horizontal -que hace referencia al grado de aplicación de cada una de las líneas de acción y subacciones en el total de las ciudades analizadas- como vertical -que indica el grado de seguimiento y aplicación del PVE de cada una de las ciudades-.

EU GREEN DEAL	HOJA DE RUTA - MADRID																			
Linea de acción	Acción	Sub-acción	Madrid	Barcelona	Valencia	Sevilla	Zaragoza	Málaga	Murcia	Palma	Las Palmas	Bilbao	Alicante	Córdoba	Valladolid	Vitoria	A Coruña	Granada	Grado de aplicación (%)	Grado de aplicación (%)
ENERGÍA	La transición energética limpia implica y beneficia a los consumidores	Implantación de comunidades energéticas	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	0	56,25	73,4
		Descarbonización del mix eléctrico por la inc de fuentes renovables en la generación	1	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	0	0	56,25	
	Integración inteligente de energías renovables	Generación de energía renovable para autoconsumo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	81,25	
		Incremento de la producción de energía mediante fuentes renovables en edificios e instalaciones municipales	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	93,75	
	Eficiencia energética	Renovación/sustitución de equipos térmicos: electrificación de los sistemas de calefacción en edificios residenciales y del sector servicios (bombas de calor con mayor eficiencia)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0,5	1	0	0,5	0,5	71,875	
	Lucha contra la pobreza energética a través de la renovación de viviendas	-	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	81,25	
INDUSTRIA	Monitorización de la calidad del aire y el agua, del uso de la energía y los recursos naturales	-	0	1	0	1	1	1	1	0,5	1	1	0,5	0	1	0,5	0,5	1	68,75	54,7
	Recuperación y reutilización de productos	Identificación e impulso de los procesos de logística inversa y SDDR en las cadenas de suministro	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	43,75	
		Mecanismos, plataformas y procedimientos para la reutilización de productos para el ciudadano	1	1		1	1	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	50	
	Electrificación de los consumos industriales en entornos urbanos	Electrificación de los consumos energéticos derivados de la actividad industrial (municipal)	1	1	0	0	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	43,75	
	Recuperación y valorización de residuos	Exigir objetivos de recuperación ambiciosos en plantas de tratamiento de residuos (contratos municipales)	1	1	1	1	0	1	1	0,5	1	1	1	1	1	1	0	0	78,125	
		Valorización energética de aquellos residuos que no puedan ser reciclados	1	0		0	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	43,75	
CONSTRUCCIÓN	Regímenes innovadores de financiación para la renovación energética de edificios (cooperativas de viviendas, ESEs)	-	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	18,75	43,8
	Eliminar obstáculos a las inversiones en eficiencia energética en edificios alquilados y de propiedad múltiple		0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	Renovación de viviendas sociales	Rehabilitación energética de edificios: mejorar el aislamiento y la eficiencia energética hacia edificios de consumo energético nulo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	93,75	
	Renovación de centros educativos y hospitales	Rehabilitación energética de edificios: mejorar el aislamiento y la eficiencia energética hacia edificios de consumo energético nulo	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0,5	1	1	0	0	1	1	84,375	
	Instalaciones inteligentes		1	0	0	1	0	0	1	0,5	1	1	1	0	1	0	0,5	0,5	53,125	
	Reducción de los residuos derivados de la construcción (RCD, residuos de construcción y demolición)	Minimización de residuos de demolición y construcción en obras dentro del municipio	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	12,5	
MOVILIDAD	Gestión inteligente del tráfico	Reducción del desplazamiento en turismos al trabajo	1	1	0	0	1	1	0,5	1	0	1	0	1	1	1	1	1	71,875	69,8
		Reducción de los desplazamientos domésticos en favor de un urbanismo de proximidad (hacia la ciudad de los 15 minutos)	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	43,75	
		Optimizar la distribución urbana de mercancías	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	43,75	
		Optimizar e incrementar la eficiencia del transporte público no colectivo (taxi, VTC) y colectivo	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	0,5	71,875	
	Nuevos servicios de transporte sostenible	Potenciar el uso del Transporte Público Colectivo	1	1	1	1	1	1	1	1	0,5	0,5	0	0,5	1	1	1	1	84,375	
		Fomento de la movilidad compartida (carsharing, carpooling, etc.)	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	50	
	Producción y utilización de combustibles alternativos y sostenibles para transporte	Renovación del parque de vehículos por tecnologías más eficientes (en todos los ámbitos: turismos, transporte de mercancías, taxi/VTC, flota municipal)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0,5	84,375	
	Electrificación del parque móvil	Electrificación del parque de vehículos (en todos los ámbitos)	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0,5	78,125	
	Despliegue de puntos públicos de recarga y repostaje	-	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	56,25	
	Normas más estrictas sobre emisiones para vehículos con motor de combustión	Implantación de políticas disuasorias (zonas de bajas emisiones, zonas de estacionamiento restringido, etc.)	1	1	0	0	1	1	0,5	1	0	1	1	0	1	1	0	0,5	62,5	
	Apuesta por la movilidad activa	Prioridad a la movilidad peatonal en los nuevos desarrollos urbanísticos y en la ciudad consolidada	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	100	
		Apostar por la movilidad activa en bicicleta y VMP: nuevas vías ciclistas, servicio público de préstamo de bicicletas, etc	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0,5	1	1	1	1	1	1	90,625	
SISTEMA AGROALIMENTARIO	Prevención [illegible] en el sector minorista de la alimentación	Reducción de envases	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0		0	1	0	31,25	54,7
		Reducción del desperdicio de alimentos	1	1	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	43,75	
	Estímulo del consumo de alimentos sostenibles	-	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	1	62,5	
	Mejora del tratamiento de residuos derivados del consumo de alimentos	Mejorar la pureza de FORM (fracción orgánica de residuos municipales) a través de campañas de sensibilización dirigidas a la ciudadanía	1	1	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0,5	59,375	
		Aumento de la cantidad de residuos tratados mediante el compostaje de FORM (también fracción vegetal)	1	1	0	0	1	0,5	0,5	1	0	0	0	0,5	0	0	1	0	40,625	
BIODIVERSIDAD	Ciudades más ecológicas e incremento de la biodiversidad en los espacios urbanos	Integración de la naturaleza en los proyectos de urbanización y regeneración urbana (soluciones basadas en la naturaleza, SBN)	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	93,75	93,8
CONTAMINACIÓN CERO	Frenar la contaminación por escorrentía urbana, nuevos contaminantes y sustancias químicas	-	0	1	1	0	0	1	0	0,5	1	1	0	0,5	1	1	0	0	50	48,4
	Normas sobre calidad del aire adaptadas a las recomendaciones de la OMS	-	0	0,5	1	0	1	0,5	0	0	1	0,5	0	0	0	0	0	0,5	31,25	
	Creación de sumideros de carbono	Compensación de emisiones a través de la creación de zonas verdes (sumideros de carbono)	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0,5	1	1	1	1	84,375	
	Investigación para la reducción del impacto de gases refrigerantes y disolventes en la atmósfera	Investigación para la reducción del impacto de gases refrigerantes y disolventes en la atmósfera	1	0	0	0	0	0,5	0	0	1	0	0	1		1	0	0	28,125	
		CALIFICACIÓN GLOBAL	32	34,5	19	25	32	31	20	23	22,5	22	19,5	15,5	28	23,5	18,5	17		
		CALIFICACIÓN GLOBAL (% DE SEGUIMIENTO DEL PVE)	80,0	86,3	47,5	62,5	80,0	77,5	50,0	57,5	56,3	55,0	48,8	38,8	70,0	58,8	46,3	42,5		

Tabla 2. Análisis comparativo de las 16 capitales de provincia españolas objeto de estudio. Elaboración propia.

Lectura horizontal

Así, en el primer caso, la lectura horizontal de la tabla arroja los resultados del análisis del grado de cumplimiento de cada una de las subacciones (recogidas en la penúltima columna), indicado con el porcentaje de ciudades que la llevan a cabo respecto al total de la muestra. La última columna hace referencia al porcentaje medio de cumplimiento de la línea o política principal del PVE en conjunto. Para una interpretación visual, se ha optado por un código de colores en función del porcentaje de cumplimiento o seguimiento, tanto de las subacciones como de la política global. Mediante una gradación de colores primarios -rojo, amarillo, verde- se indica el grado de cumplimiento de cada acción. El código de colores arroja unos resultados entre los que podemos destacar algunas conclusiones por cada línea o política de acción.

En el caso de la **línea de energía**, la subacción que presenta un mayor grado de seguimiento en las diferentes ciudades es la del incremento de la producción de energía mediante fuentes renovables en edificios e instalaciones municipales, con un 93,75%, dentro de la acción que hace referencia a la integración inteligente de energías renovables. Sin embargo, tanto la implantación de comunidades energéticas como la consecución de un alto índice de descarbonización del mix eléctrico por la incorporación de fuentes renovables en la generación, presenta un seguimiento de poco más de la mitad de las ciudades analizadas. El grado de seguimiento global de esta política en el conjunto de las ciudades, sin embargo, presenta un resultado del 73,4%.

Respecto a la **política de industria,** el seguimiento de las diferentes subacciones arroja un global del 54,7%, destacando un máximo en la relacionada con la exigencia de objetivos de recuperación en plantas de tratamiento de residuos a través de contratos municipales (78,125%), pero siendo penalizado el porcentaje global por otras tres subacciones cuyo grado de seguimiento no alcanza el 50% de las ciudades.

La política principal relacionada con el ámbito de la construcción es la que presenta un menor grado de seguimiento global en las diferentes ciudades (43,8%), viéndose lastrado por algunas de las acciones propuestas por el PVE, como la eliminación obstáculos a las inversiones en eficiencia energética en edificios alquilados y de propiedad múltiple, con nula aplicación en las ciudades, o la minimización de residuos de demolición y construcción en obras dentro del municipio, con un 12,5% de seguimiento. Destacan, sin embargo, las acciones dirigidas a la rehabilitación energética de edificios para alcanzar el consumo energético nulo en viviendas sociales (93,75%) y centros educativos y hospitales (84,375%).

La línea política de actuación que presenta más acciones a desarrollar es la de movilidad. En el estudio realizado, presenta una valoración global del 69,8% de seguimiento de las ciudades. Destacan las acciones relacionadas con la movilidad activa, en el que todas las ciudades dan prioridad a la movilidad peatonal en los nuevos desarrollos urbanísticos y en la ciudad consolidada y la mayor parte de ellas (90,625%) lo hacen, además a través de la bicicleta y VMP, proponiendo nuevas vías ciclistas, servicio público de préstamo de bicicletas, etc. Por el contrario, las acciones que presentan un mayor grado de aplicación en este capítulo son las relacionadas con la optimización de la distribución urbana de mercancías y el fomento de la movilidad compartida (carsharing, carpooling, etc.), con un 43,75% y un 50% respectivamente.

Respecto a las **acciones relacionadas con el sistema agroalimentario,** el seguimiento de las ciudades apenas se encuentra en la mitad de ellas (54,7%). Solamente algo más de la mitad de las ciudades estimulan del consumo de alimentos sostenibles y mejoran la pureza de FORM a través de campañas de sensibilización dirigidas a la ciudadanía. El resto de las acciones presentan un seguimiento de menos de la mitad de las ciudades, tal como se indica en la tabla.

Es en la **acción global que tiene que ver con la biodiversidad** donde se presenta el mayor nivel de aplicabilidad de las ciudades. La mayor parte de ellas (93,8%) apuestan por medidas encaminadas a conseguir ciudades más ecológicas e incremento de la biodiversidad en los espacios urbanos a través de la integración de la naturaleza en los proyectos de urbanización y regeneración urbana.

Finalmente, respecto a la **consecución de la política de contaminación** cero, podemos afirmar que no se alcanza ni en la mitad de las ciudades (48,4%). Pese a que en la mayoría de ellas se proponen medidas de compensación de emisiones a través de la creación de zonas verdes (sumideros de carbono) (84,37%), es en el resto de subacciones donde presentan importantes carencias en la mayoría de los casos.

Lectura vertical

Como se ha mencionado anteriormente, la lectura vertical de la tabla comparativa arroja unos resultados que han de interpretarse en relación al porcentaje de seguimiento de cada ciudad de las 40 subacciones en las que se han desgranado las líneas principales de acción del PVE. Así, la penúltima fila recoge, de manera cuantitativa, el número de subacciones seguidas por cada ciudad en los diferentes capítulos tras la sumatoria de los criterios numéricos (1, 0,5 y 0) en función del grado de cumplimiento de cada una. Igualmente, la última fila indica, de una manera cualitativa, el porcentaje que esta cifra supone respecto al total de subacciones. Este

porcentaje del seguimiento de las líneas de acción del PVE en cada ciudad está representado, a su vez, con el mismo código de colores semafórico anteriormente descrito.

Esta lectura nos ofrece resultados significativos, entre los que destaca el **alto grado de seguimiento del PVE de la ciudad de Barcelona (86,3%),** que se erige como la que mayor índice de aplicabilidad presenta, incluso por delante de Madrid, que era la que, a priori, partía en el estudio como la capital con un mayor compromiso en el cumplimiento de las diferentes acciones; no en vano, es en su "Hoja de Ruta hacia la neutralidad climática de la ciudad en 2050" en la que este análisis ha basado sus presupuestos. De las ciudades analizadas, cinco son las que presentan un grado de seguimiento por debajo del 50% -Valencia, Alicante, Córdoba, A Coruña y Granada- y otras tantas apenas lo superan -Murcia, Palma, Las Palmas, Bilbao y Vitoria-.

Tabla de aplicabilidad

EU GREEN DEAL		HOJA DE RUTA - MADRID																
Linea de acción	Acción	Sub-acción	Madrid	Barcelona	Valencia	Sevilla	Zaragoza	Málaga	Murcia	Palma	Las Palmas	Bilbao	Alicante	Córdoba	Valladolid	Vitoria	A Coruña	Granada
EVALUACION DE LA IMPLANTACIÓN/ GESTION	Grado de concreción de las propuestas		1	0,5	0	0	1	1	1	1	0	0,5	0	1	?	0,5	1	1
	Dotación presupuestaria		0	0,5	0	0	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0,5	1	1
	Programación temporal		1	1	0,5	0,5	1	1	1	1	0,5	0,5	0	1	1	0,5	0,5	1
	Área, departamento o agencia local encargada de la aplicación y vigilancia de las medidas propuestas	Energía	1	1	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0
		Industria	1	1	0	0	1	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
		Construcción	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	1	1	1	0
		Movilidad	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	0
		Sistema agroalimentario	0	1	1	0	1	0	0,5	1	0,5	0	0	1	1	1	0,5	0
		Biodiversidad	1	1	1	1	1	0,5	0	0	1	1	1	0	0	1	1	0
		Contaminación Cero	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1
	Agencia específica del clima o similar		5	5	5	5	0	2,5	2,5	0	0	5	0	0	5	5	?	0
		CALIFICACIÓN GLOBAL	13	14	10,5	9,5	9	8,5	9	7	4	10	2	5	10	11,5	8	4
		CALIFICACIÓN GLOBAL (%)	86,7	93,3	70,0	63,3	60,0	56,7	60,0	46,7	26,7	66,7	13,3	33,3	66,7	76,7	53,3	26,7
		CALIFICACIÓN FINAL	45	48,5	29,5	34,5	41	39,5	29	30	26,5	32	21,5	20,5	38	35	26,5	21
		CALIFICACIÓN FINAL (%)	81,8	88,2	53,6	62,7	74,5	71,8	52,7	54,5	48,2	58,2	39,1	37,3	69,1	63,6	48,2	38,2

Tabla 3. Tabla de aplicabilidad de los documentos analizados y resultado global. Elaboración propia.

Esta tabla tiene como objetivo recoger de una manera tanto cuantitativa como cualitativa los datos relativos a la evaluación de las políticas, estrategias y medidas puestas en marcha por los diferentes ayuntamientos para el cumplimiento de los objetivos y líneas de acción recogidas en el PVE. Tomando como muestra las mismas ciudades que en el caso anterior, las entradas que se han evaluado tratan de mostrar el grado de compromiso en cuestiones que hacen referencia a la existencia de una planificación en su cumplimiento -grado de concreción, presupuesto específico, programación temporal-, así como la existencia de áreas, departamentos o agencias locales encargadas de la aplicación y vigilancia de las medidas propuestas -desgranando, como en el caso anterior, en las siete grandes políticas de acción-.

En todas ellas, el criterio que se ha seguido para el chequeo de estas medidas es la aplicación, de nuevo, de un código binario (1, 0, 5 y 0), en función de si las estrategias en cada ayuntamiento están implementadas, proceso de llevarse a cabo o son inexistentes, respectivamente. La última fila es la excepción respecto a este código, ya que a la estrategia que la ocupa se le da una especial importancia en esta evaluación. Se trata de verificar la creación o puesta en marcha por parte de los ayuntamientos de una agencia específica del clima u organismo similar que proponga medidas y estrategias encaminadas a la lucha contra el cambio climático en las ciudades y vele por su cumplimiento. En este caso, teniendo en cuenta la importancia estratégica de esta medida dentro de las ciudades y el compromiso que su implementación supone, se le ha otorgado una puntuación mayor en el cómputo global de evaluación de los ayuntamientos. Así, se ha usado una valoración cuantitativa (5, 2,5 y 0) dependiendo si existe ese organismo en las ciudades, se han puesto las bases para su creación o está en proceso, o si no existe entidad específica para ello, respectivamente.

Con estas puntuaciones, cada ciudad es valorada en un máximo de 15 puntos para obtener no sólo una valoración cuantitativa como sumatoria de todos ellos, sino un resultado cuantitativo (porcentual) respecto al total de todos ellos.

La lectura de esta tabla, por tanto, es solamente en sentido vertical y arroja unos resultados muy significativos que van en relación a los obtenidos en el anterior análisis. Así como en el análisis anterior, la mayoría de las ciudades se concentraban en un ámbito porcentual entre el 40% y 60% de seguimiento de las acciones del PVE, destacando Madrid, Barcelona y Zaragoza en una horquilla entre el 80-90%, la evaluación de las estrategias puestas en marcha en los ayuntamientos para su consecución nos ofrece un resultado mucho más atomizado, en el que los diferentes ayuntamientos se reparten, casi de manera homogénea, por toda la horquilla posible (0-100%). Apenas un tercio de las ciudades analizadas se concentran en el ámbito del60-70%. De nuevo destaca en esta evaluación las puntuaciones de Barcelona (93,3%) y Madrid (86,7%) con un alto grado de políticas de implementación de estrategias. Por el contrario, ciudades como Palma, Las Palmas, Córdoba o Granada no alcanzan ni siquiera el 50% de las entradas evaluables, destacando por debajo de todas ellas la ciudad de Alicante, que en esta evaluación obtiene un porcentaje del 13,3%, habiendo identificado solamente algunas líneas de actuación en materia de protección de la biodiversidad y en estrategia de consecución de contaminación cero.

Esta tabla, en la que se han utilizado 15 entradas de evaluación, viene acompañada, en su última fila, de una **evaluación global final,** en la que se han interrelacionado estos datos con los obtenidos en la tabla anterior, de manera que los resultados que ofrece

esta última fila, tanto numéricos como porcentuales, hacen referencia a una valoración respecto a 55 puntos (40 de la primera tabla y 15 de esta). Por tanto, la evaluación final incide de manera global tanto en el grado de cumplimiento de los ayuntamientos de las acciones propuestas por el PVE como la puesta en marcha de políticas y organismos capaces encargados de proponer, planificar y velar por el cumplimiento de estas acciones, medidas y estrategias.

Se complejiza así el estudio de las diferentes ciudades y se obtienen unos resultados que, inevitablemente, son similares los obtenidos en las dos anteriores. Así, volvemos a encontrar a las dos primeras ciudades **Barcelona y Madrid, que destacan por encima de las demás en esta evaluación global (88,2 y 81,8%, respectivamente).** De nuevo se vuelven a concentrar las ciudades en la parte media de la horquilla porcentual total, aunque cabe destacar que dos tercios de las ciudades analizadas consiguen alcanzar una puntuación por encima del 50% de manera global. Solamente Las Palmas, A Coruña, Alicante, Granada y Córdoba quedan por debajo de esta valoración, destacando especialmente las tres últimas con una calificación del 39,1%, 38,2% y 37,3%, respectivamente.

Identificación de barreras para las acciones del cambio climático en la administración local

Encuesta municipal de acción por el clima y la sostenibilidad

Con motivo de completar el análisis realizado sobre las 16 capitales de provincia, se ha propuesto realizar una encuesta de carácter general destinada a un total de 408 corporaciones locales que permita obtener una primera radiografía de las acciones que los distintos municipios españoles están desarrollando en materia de clima y sostenibilidad en relación con las distintas dimensiones del Pacto Verde Europeo y su aplicabilidad a nivel municipal.

En una primera fase se ha realizado un llamamiento de encuentros bilaterales con los 16 ayuntamientos capitales de provincia seleccionados, pero únicamente se consiguieron dos entrevistas, una con el Ayuntamiento de Madrid y otra con el de Murcia. Sin embargo, estas dos reuniones sirvieron de primer acercamiento a conocer los problemas que se encuentran las corporaciones locales en materia de políticas, a acciones y proyectos de descarbonización y cambio climático, lo que propicia el diseño de la encuesta y la apertura a un mayor número de administraciones locales.

Este cuestionario se ha destinado al personal de los ayuntamientos y otras entidades locales, seleccionados no por sus cargos políticos, sino por su relación con las áreas

relacionadas con la materia de estudio. El cuestionario fue difundido a correos de técnicos responsables implicados que, en algunos casos, lo compartieron con el resto del personal de su propio ayuntamiento o diputación. Por este motivo se han recogido respuestas de diversos cargos políticos y/o técnicos, de un amplio número de municipios. Por tanto, las respuestas han podido estar influenciadas por el grado de responsabilidad dentro del ayuntamiento, así como por los posibles intereses políticos. Por ello, se han contrastado los datos aportados con la información proporcionada desde la página oficial de Pacto de los Alcaldes y Alcaldesas.

Figura 5. Grado de responsabilidad de las personas encuestadas. Elaboración propia.

Los resultados de esta encuesta presentan un interés elevado a la hora de determinar la posible aplicabilidad del Pacto Verde a escala local, más allá de los límites del propio proyecto desarrollado por la Universidad de Málaga y la **Fundación Renovables,** ya que suponen un sondeo del número de acciones y su grado de desarrollo en materia de clima y sostenibilidad. Teniendo la vista puesta en una siguiente fase, se han identificado una serie de ayuntamientos y diputaciones que han mostrado interés en realizar una serie de reuniones bilaterales para conocer mejor las acciones que cada una de estas entidades viene realizando en pro de la adaptación y mitigación del cambio climático y analizar las posibles vías de continuidad y/o colaboración con el proyecto.

Se ha realizado una encuesta a 408 corporaciones locales en las que se incluyen tanto ayuntamientos (390), como diputaciones (12), consells (2), ciudades autónomas (2), mancomunidades (1), y cabildos insulares (1). El interés por realizar una encuesta que fuera acogida por el mayor número de corporaciones posible, además de tipos y escalas de municipios, permitiendo enriquecer la investigación con una mayor amplitud y variabilidad de datos.

No obstante, atendiendo al marco temporal establecido para la ejecución del proyecto y los recursos humanos y presupuestarios disponibles, se han establecido una serie de

criterios para la selección de una muestra representativa. En concreto, se han considerado los siguientes cuatro criterios:

- Las 16 capitales de provincia más pobladas, referenciadas en fases anteriores de la investigación.
- Ciudades con una población mayor a 50.000 habitantes, que, a partir de 2023, deberán contar con zonas de bajas emisiones ZBE en cumplimiento de la ley de Cambio Climático.
- Todos los municipios que son capitales de provincia y ciudades autónomas. España cuenta con 50 provincias y dos ciudades autónomas. Esto permite incluir municipios que, aun siendo capitales de provincia, no contaban con una población suficiente para poder entrar en el punto anterior por cuestiones demográficas.
- Se incluyen todos los municipios inscritos en la Federación Española de Municipios y Provincias. Permite incluir municipios que, aunque tengan una menor población, son interesantes para contrastar las acciones que se están llevando a cabo en municipios de menor escala, analizando la casuística particular que presentan a la hora de hacer frente al cambio climático.

La gran mayoría de los municipios son de tamaño inferior a 10.000 habitantes lo que demuestra la realidad demográfica de España. Las comunidades que presentan una mayor representación de municipios en la encuesta son Andalucía (26,0 %) y Comunidad Valenciana (13,0 %), seguidas desde lejos por las Comunidades Autónomas de Madrid (9,1 %), Cataluña (8,6 %) y Castilla y León (7,8 %).

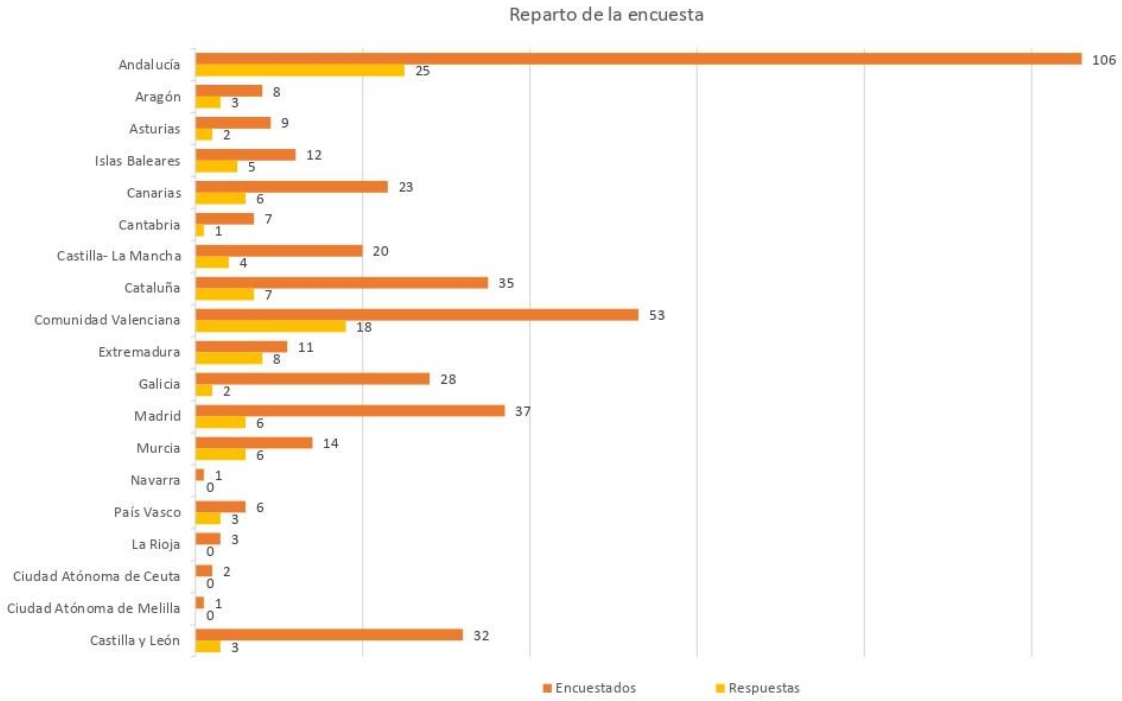

Figura 6. Participantes de la encuesta por Comunidades Autónomas.
Elaboración propia.

De las 408 corporaciones con las que se ha contactado, se ha recibido un total de 99 respuestas, lo que supone aproximadamente un 24,3 % de la muestra inicial. El reparto de las corporaciones participantes por provincias en relación a las inicialmente contactas se recogen en la figura siguiente:

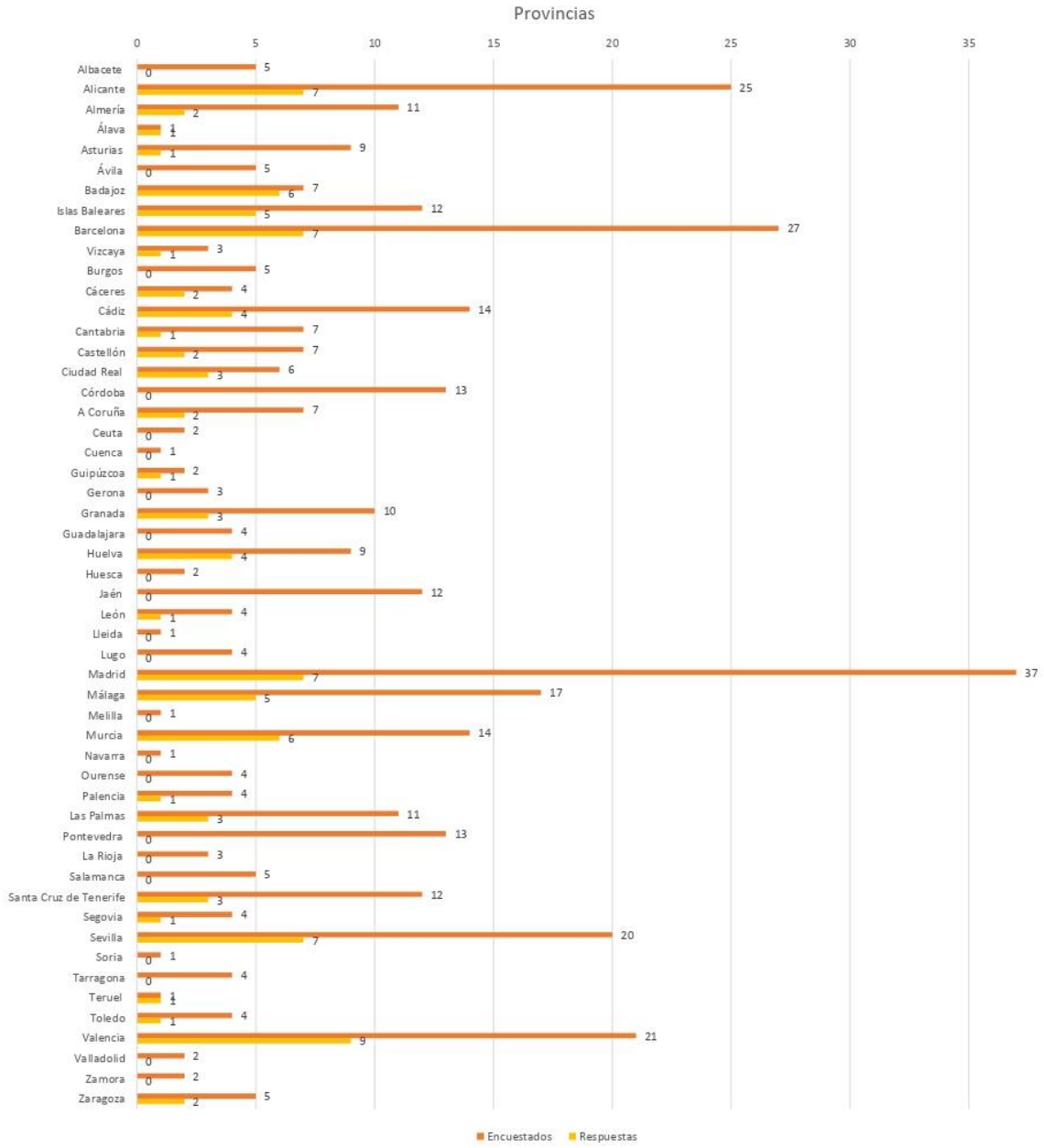

Figura 7. Corporaciones participantes por provincias.
Elaboración propia.

La encuesta cuenta con una estructura de dos bloques. El primer bloque permite clasificar la procedencia de los datos y el grado de responsabilidad de la persona encargada de cumplimentarla. Por su parte, el segundo bloque se centra en la actividad de dichas entidades en materia de cambio climático y sostenibilidad, estando formado por las 6 preguntas siguientes:

- ¿El municipio se ha sumado a la iniciativa del Pacto de Alcaldes?
- ¿Existe un área específica para el cambio climático?

- Principales barreras para desarrollar proyectos de acción por el clima y de sostenibilidad que contaba con 5 puntos que tenían que ser valorados del 1 a 5 siendo de mínima prioridad a máxima prioridad respectivamente.
- ¿El municipio estaría interesado en participar en proyectos de sostenibilidad energética, clima, movilidad o aquellos que tengan que ver con el Pacto Verde Europeo?

Análisis de los resultados obtenidos

Sobre la adhesión municipal a la iniciativa del Pacto de Alcaldes

España cuenta con más de 8.000 municipios de los cuales más de un tercio se han unido a la iniciativa del Pacto Global de los Alcaldes y Alcaldesas por el Clima y la Energía. La mayoría de los municipios encuestados han suscrito el Pacto, cuyos firmantes tienen la obligación de redactar un Plan de Acción para el Clima y la Energía Sostenible (PACES), que sustituye al anterior Plan de Acción de Energía Sostenible (PAES).

En torno al 80% de los municipios encuestados se han sumado a la iniciativa del Pacto de Alcaldes. De ellos, el 32,3% están reportando datos a la oficina del Pacto de Alcaldes "My Convenant" y un 7,1 % a ICLEI-CDP. Aunque estos porcentajes serían menores si se atiende a los datos que se publican en dichas páginas, especialmente en la primera de ellas. Sorprende además que hasta un 40,4 % no están reportando datos a ningún organismo nacional o internacional.

Figura 8. Posicionamiento municipal con respecto al Pacto de los Alcaldes. Elaboración propia.

Sobre la existencia de un área específica de cambio climático y principales dificultades en la implementación de iniciativas

Tan solo un 52,5% de los municipios cuentan con un área específica para el cambio climático, de los cuales la mayoría (46,5%) tienen planes del clima redactados o en redacción, mientras una minoría (6,0%) no tienen una actividad significativa. Entre los planes que los municipios han implantado están realizando cabe señalar los Planes de Acción para el Clima y la Energía Sostenible (PACES), renombrados en algunos casos como Planes de acción frente al Cambio Climático, así como Planes de Acción en el marco de la Estrategia de Economía Verde y Circular o Planes de Calidad de Aire. Incluso se están llevando a cabo mesas de Emergencia Climática en algunos de los municipios encuestados.

El 47,5 % restante no cuentan con área específica para el cambio climático, pero a un 33,3% les gustaría implantarla. Sin embargo, por temas económicos o falta de personal no pueden afrontar su implantación de manera óptima. No obstante, muchas de las personas encuestadas manifiestan que, aunque no cuenten con un departamento específico en la materia, se están desarrollando diversas iniciativas para la lucha contra el cambio climático desde otras áreas municipales. El 14,1% restante no tiene la intención de implantarla, bien porque su municipio considera que tiene un tamaño insignificante para realizar planes de este ámbito, bien porque la entidad consultada no tiene competencia sobre esta materia.

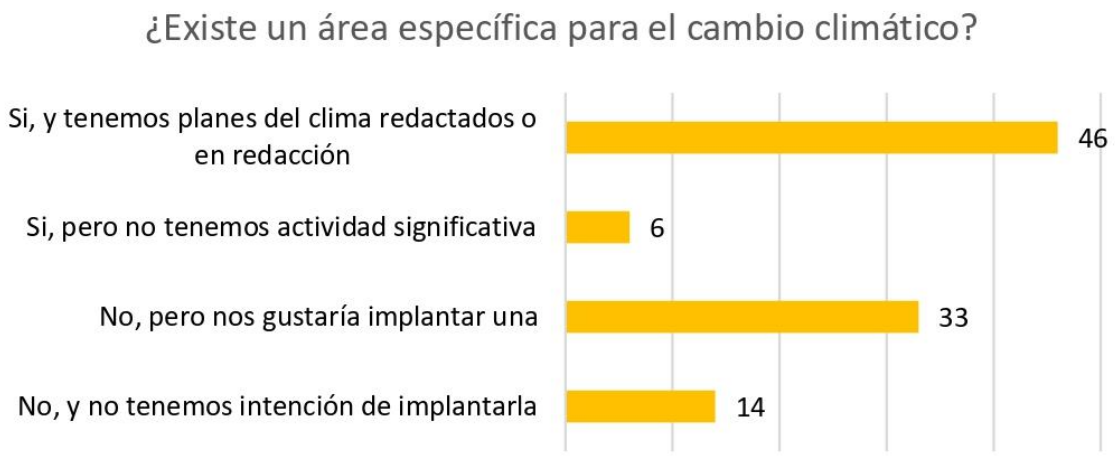

Figura 9. Área específica para el cambio climático.
Elaboración propia.

La principal barrera por la cual los municipios no pueden llegar a desarrollar proyectos de acción por el clima y sostenibilidad es la falta de recursos y personal cualificado (79,8%), seguido de la falta de presupuesto (45,5 %). En segundo lugar, se

sitúa la falta de tiempo (16,2%), el reconocimiento de que hay otras prioridades (6,1%), por otras razones (5,1%) que no está en la agenda pública (4,0 %) o simplemente por desconocimiento (4,0 %). Aunque todos reconocen la importancia de desarrollar una política activa que contribuya a reducir y paliar los efectos del cambio climático, estos datos reflejan la necesidad de dotar a las administraciones locales de mayores recursos económicos y humanos. Lo que les permitiría dar una respuesta óptima, especialmente en aquellos municipios con menor capacidad presupuestaria, para hacer frente a la actual emergencia climática.

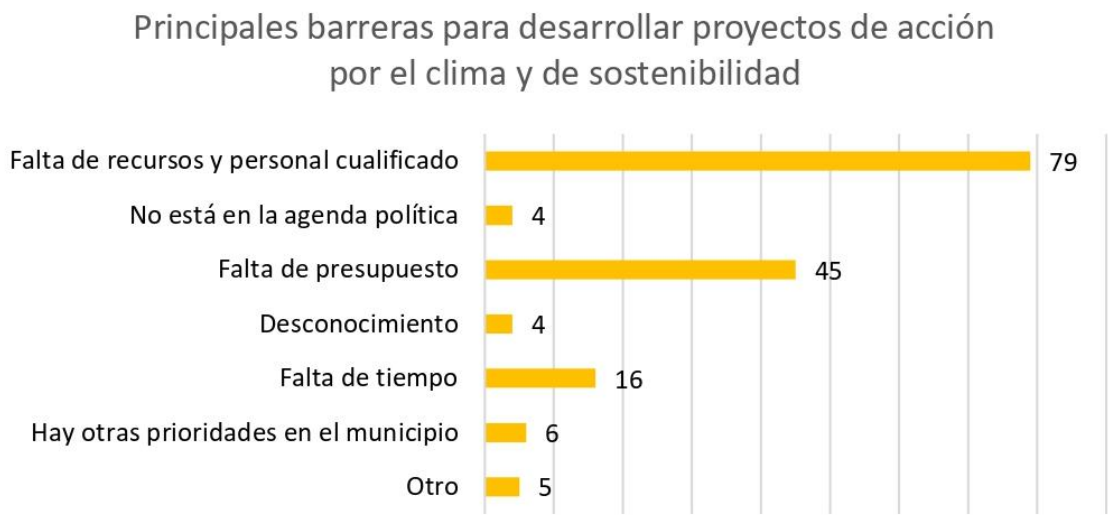

Figura 10. Barreras detectadas.
Elaboración propia.

Sobre el interés a ampliar la colaboración y darle continuidad al proyecto

Cerca del 70% de los encuestados muestran interés por participar en proyectos de sostenibilidad energética, clima, movilidad y, en general, en aquellos que tengan que ver con el Pacto Verde Europeo. No obstante, el 43,4% lo haría siempre que no implique aportación de recursos económicos y el 25,5% siempre que no sea necesario la participación del personal del Ayuntamiento. Muy pocas personas encuestadas confirman que sus municipios están actualmente inmersos en proyectos de esta naturaleza, participando en iniciativas como EUNextGen, URBACT, entre otros. El 29,3% de las entidades encuestadas manifiestan que podrían participar, si bien, estando condicionadas tanto por el personal y los recursos, como por el tiempo que implique su participación y del proyecto que se plantee. Tan sólo el 2,0% de toda la muestra no muestra ningún tipo de interés en acciones europeas por el clima.

Figura 11. Interés en participar en acciones europeas por el clima. Elaboración propia.

Del interés a la acción municipal. Las limitaciones presupuestarias y de personal como hándicap

A tenor de los resultados de las encuestas, se ha detectado que **los municipios españoles están presentando un especial interés a las políticas en materia de cambio climático y sostenibilidad,** lo que se refleja tanto en el elevado porcentaje de encuestados que estarían dispuestos a colaborar en futuros proyectos en la materia, y especialmente el alto porcentaje de respuestas que manifiestan que sus ciudades se han adherido al Pacto Global de los Alcaldes y Alcaldesas por el Clima y la Energía.

Sin embargo, al pasar de la voluntad municipal a la acción propiamente dicha, la respuesta en términos generales no es tan positiva. Por ejemplo, a la hora de tomar y reportar los datos de referencia sobre emisiones de gases de efecto invernadero. Información que permite realmente comprobar si los municipios cumplen los compromisos suscritos con su adhesión al Pacto. De hecho, el número de municipios que tienen planes del clima redactados o en redacción es mayor que el porcentaje de ellos que reportan datos regularmente. Hecho que es incluso mayor, si se consideran solo los datos finalmente publicados en “My Convenant”.

A tenor de las respuestas dadas en el resto de las preguntas, habría que encontrar las razones en las limitaciones presupuestarias, así como la falta de recursos y personal cualificado, a la postre igualmente condicionantes económicos, además de formación específica. Ya sea como causa, o como consecuencia, también se debe relacionar con el hecho de que poco más de la mitad de los municipios cuenten con un área o departamento específico centrado en la lucha contra el cambio climático. Estas mismas

razones se esgrimen a la hora de condicionar la participación en el futuro en proyectos e iniciativas relacionadas con el Pacto Verde Europeo.

Las respuestas no son ajenas a la enorme casuística de municipios que han participado en la encuesta. Por una parte, en lo que respecta a la influencia de la política autonómica en materia de clima, que en algunos casos ha podido motivar una respuesta generalizada más avanzada que otros territorios. También en lo que respecta a la escala de los municipios encuestados, abarcando desde las grandes capitales de provincia hasta municipios de tamaño reducido.

Esto hecho exigiría un análisis de los resultados desagregados por municipios. En cualquier caso, la respuesta de la muestra analizada en términos absolutos permite concluir que es creciente el interés de las entidades locales para incluir la lucha contra el cambio climático en las agendas políticas a nivel local, si bien, las limitaciones presupuestarias y de personal se presentan como principales hándicaps para un avance significativo y decisivo en la materia.

Estudio de casos. Ciudades con acciones significativas para el Pacto Verde

El Pacto Verde Europeo se hace local

FUNDACIÓN RENOVABLES

6. Estudio de casos. Ciudades con acciones significativas para el Pacto Verde.

Criterios de selección de ciudades y objetivos

Para evaluar el estado de las ciudades españolas en los términos de acciones que propone el Pacto Verde, se propone investigar las políticas que se están implementando en las ciudades más avanzadas en materia de sostenibilidad y compromisos de descarbonización dentro de la Unión Europea. Con este marco de referencia se puede obtener conclusiones de mejora y de nuevas líneas de acción para avanzar en la aplicación local del Pacto Verde.

Para esta selección se propone utilizar los criterios de elección a la candidatura a Capital Verde Europea[5], ya que los indicadores utilizados para proponer a una ciudad como ganadora son, entre otros, calidad del aire, uso sostenible del suelo, tratamiento de residuos, principios de economía circular, naturaleza y biodiversidad, crecimiento verde y ecoinnovación, movilidad urbana sostenible, eficiencia energética, etc. (Comisión europea, s.f.).

Para la elección se verifica el cumplimiento de los siguientes criterios:

- La ciudad pertenece a un país de la Unión Europea (se excluye el Reino Unido porque ya no es miembro. Se excluyen otros países: Noruega, Suiza, países candidatos a formar parte de la Unión Europea como Serbia, Turquía, etc.).
- La página web oficial del ayuntamiento y sus medidas o estrategias alineadas con el Pacto Verde (en campos como movilidad sostenible, eficiencia energética y renovables, eficiencia en la construcción, biodiversidad, etc.) se publican en inglés.

[5] El Premio Capital Verde europea de la Comisión Europea reconoce y premia los esfuerzos locales para mejorar el medio ambiente y, por lo tanto, la economía y la calidad de vida en las ciudades. El premio se otorga cada año a una ciudad que lidera el camino hacia una vida urbana respetuosa con el medio ambiente. https://environment.ec.europa.eu/topics/urban-environment/european-green-capital-award_en

- Las actuaciones e indicadores deben estar bastante detallados y aplicarse a la escala de la ciudad, para extraer conclusiones replicables tras el estudio de estas buenas prácticas.

En definitiva, **se trata de recoger las políticas y planes que están funcionando y aplicando en las distintas escalas de la ciudad a partir de proyectos apoyados por el gobierno, los ayuntamientos y los ciudadanos.** A partir del estudio profundo de cada ciudad se propone la ciudad verde ideal para el cumplimiento de los objetivos del Pacto Verde. Se han seleccionado las cinco Capitales Verdes ganadoras que cumplen los anteriores criterios, y se añade una finalista, Helsingborg (Suecia), para amentar la muestra de estudio.

Bloques de trabajo y metodología desarrollada.

El bloque de estudio de casos de éxito consta de tres fases o bloques de trabajo en base a los objetivos previamente definidos:

- Estudio de acciones desarrolladas en seis ciudades europeas dentro de las siete líneas de trabajo o dimensiones del Pacto Verde (1. Energía 2. Industria 3. Construcción 4. Movilidad 5. Sistema alimentario 6. Biodiversidad 7. Contaminación cero).

- Valoración de las acciones existentes, de manera conjunta para establecer comparativas de los resultados obtenidos, por bloques, por líneas de acción y por ciudades, según los indicadores preseleccionadas en el bloque de políticas.

- Elaboración de la ciudad ideal respecto a los distintos bloques del Pacto Verde Europeo, y elaboración de selección de las mejores prácticas estudiadas.

Análisis comparativo de ciudades

Características generales de las ciudades seleccionadas

En la siguiente tabla se han recogido las características demográficas de las seis ciudades seleccionadas, con el objeto de conocer el tamaño poblacional, y poder extraer conclusiones en relación a las características de las ciudades que se seleccionaron en el caso de España.

	Estocolmo (Suecia)	Hamburgo (Alemania)	Tallinn (Estonia)	Copenhague (Dinamarca)	Lahti (Finlandia)	Helsingborg (Suecia)
Población (nº hab.)	978.770 (2021) Fuente: https://www.scb.se/en/	1.852.478 (2022) Fuente: https://www.statistikportal.de	448,770 (2021) Fuente: https://worldpopulationreview.com	638.117 (2021) Fuente: https://www.statista.com/	119,068 (2021) Fuente: https://environment.ec.europa.eu	150.109 (2021) Fuente: https://www.scb.se/en/

Estudio de los planes de las distintas ciudades

En cada una de las ciudades europeas seleccionadas se han analizado los disitntos planes o propuestas que respondan a cada una de las estrategias integradas en cada bloque del Pacto Verde (Energía, Industria, Construcción, Movilidad, Sistema agroalimentario, Biodiversidad y Contaminación cero).

Estocolmo

En la capital sueca destaca el Plan medioambiental para 2020-23 (City of Stockholm, 2020) y el Plan de acción para el clima 2020-23 (City of Stockholm, 2020). Por otro lado, la estrategia de movilidad urbana está planteada entre otros muchos aspectos, para completar los objetivos de neutralidad climática y de contaminación cero.

- En el caso de contaminación cero tienen tres líneas de acción considerables que son lo que se ha denominado como un “Estocolmo No tóxico”, y que supone tener una ciudad libre de contaminantes, tanto químicos como de cualquier sustancia nociva para la salud en bienes, materiales, …, incluidos los micro plásticos, una ciudad libre de combustibles fósiles para 2040 y una ciudad con buena calidad de aire y sin contaminación acústica.

- La ciudad se ha marcado un objetivo de conservación de la biodiversidad en ecosistemas cohesivos y que funcionen bien, reforzando las conexiones de las infraestructuras verdes y azules, incremento de alimentos y bienes de consumo que promuevan la biodiversidad y la mejora de la calidad del agua en todas sus reservas (lagos, ríos y costas).

- Se puede mencionar también el hecho de que hay muchas acciones bien especificadas respecto al sistema agroalimentario, destacando el concepto de comida Inteligente (smart-food) en el que se tiene en cuenta desde el origen de los alimentos, los etiquetados eco, y los valores saludables nutricionales, dentro de la Estrategia para una alimentación buena, saludable y climáticamente inteligente en línea con los objetivos y recomendaciones de la Administración Nacional de Alimentos.

- Un buen número de acciones destacables se corresponde con el bloque de la Construcción, por lo que resulta necesario estudiar los motivos y la posible traslación a otros territorios. Destacan aquellas medidas de rehabilitación y de mejora energética de edificios, pero fundamentalmente aquellas medidas que son más novedosas como la densificación o construcción de nuevas zonas residenciales únicamente donde esté presente el transporte público, y la mayor eficiencia en la cadena de materiales destinados a la construcción (extracción, transporte y puesta en servicio). También es destacable el estudio sobre la disminución de emisiones relacionadas con la maquinaria de construcción.

- Respecto a las medidas en el bloque de Industria, es destacable las alianzas que en el pacto del clima se han establecido con el sector empresarial. Comenzó en 2007 con 7 miembros y en la actualidad 250 compañías y organizaciones forman parte del pacto.

Hamburgo

En relación al cambio climático, el documento The Hamburg Climate Plan (Center for Climate Issues, 2015) y su revisión posterior, recoge no tanto los objetivos como las líneas de acción para la casi descarbonización de la ciudad en 2050 (95%). En cuanto a otros aspectos del Pacto Verde hay que acudir al documento Green, inclusive, growing city by the wáter (Luchterhandt y Schlapkohl, 2014), en el que se recogen una gran variedad de estrategias para el crecimiento ecológico e inclusivo, que abarcan desde la construcción sostenible hasta la infraestructura verde. En este sentido es muy interesante el esfuerzo de la ciudad para crear una red de espacios verdes interconectados que mejoran la calidad de vida y la biodiversidad. Respecto a la movilidad existe la estrategia Digitising Transport Hamburg's ITS-strategy: Providing Future Urban Mobility and Logistics Solutions (City of Hamburgo et al, 2021), en la que destaca la digitalización del sector del transporte y de la movilidad.

- En la ciudad alemana es destacable el papel primordial que tienen las energías renovables no solo desde la consideración de fuente energética más limpia y sostenible, sino como vector empresarial, económico y de investigación. Este trabajo está liderado por el Clúster energías renovables, en el que además de empresas y centros de investigación, el municipio tiene una amplia participación.

- Desarrollan numerosos proyectos alineados con el Pacto Verde, pero carecen de una planificación marco clara que recoja una hoja de ruta y programaciones temporales.

- Destacan especialmente los proyectos que tienen que ver con la movilidad inteligente.

- Las acciones dentro del sistema alimentario son las estrategias menos destacadas y hay pocos datos respecto a esto.

Tallin

De los documentos analizados destaca la Estrategia de desarrollo de Tallin 2035 (City of Tallinn, 2022), un documento integrador, no sólo en cuanto a la implicación de los habitantes de Tallin sino por incorporar una visión holística de la planificación estratégica en consonancia con muchas de las dimensiones del Pacto Verde Europeo. Sus objetivos estratégicos son los siguientes.

- Espacio urbano amigable
- Ciudad global creativa
- Movilidad saludable
- Transformación verde
- Comunidad amable
- El hogar incluye las calles

La estrategia de desarrollo Tallin 2035 se desarrolló en paralelo a *Estrategia nacional de Estonia 2035* y a varios planes nacionales de desarrollo sectorial. Estas circunstancias favorecieron la coordinación entre administraciones, no sólo a nivel de gestión de la información sino también en la definición de objetivos conjuntos o en consonancia. Algunos de los planes de desarrollo sectoriales que sirvieron de base para la estrategia de desarrollo Tallin 2035 fueron el *Plan Maestro de Transporte y Movilidad 2021-2030*, el *Plan de Desarrollo de la Salud Pública 2020-2030*, el *Plan de Desarrollo de la Educación 2021-2035* y el *Plan de Desarrollo de la Investigación y el Desarrollo, la Innovación y el Emprendimiento de Estonia 2021-2035*. Además de los documentos de desarrollo del estado, también se tuvo en cuenta la planificación regional incorporando, la *Estrategia de desarrollo del condado de Harju*. En el proceso intervinieron los vecinos de Tallin y de la región de Harju, a la que pertenece Tallín, a través de encuestas y de talleres.

- En la estrategia de movilidad se potencia los modos activos como andar y el uso de la bicicleta, potenciando la ciudad de proximidad y la calidad del espacio público, lo que incluye infraestructuras ciclistas de calidad. Es resaltable, el diseño de rutas de transporte público rápido de gran capacidad en los principales corredores de tráfico enlazando los llamados puntos de conexión, donde continuar los desplazamientos utilizando transporte público de menor tamaño y/o servicios de micromovilidad de última milla (bicicletas y patinetes compartidos). El transporte público es totalmente gratuito lo que potencia su uso. La ciudad se ha diseñado para ser accesible universalmente, lo que supone que las calles, aceras, paradas de transporte público y la red principal de carriles bici son accesibles para todas las personas en todo momento a lo largo de su vida. La planificación de la movilidad es integral, desde la escala regional a la escala de barrio con la micromovilidad. La electrificación del parque móvil está entre sus líneas estratégicas, incluyendo la logística. Se apuesta por una movilidad segura y verde.

- La estrategia de energía Tallin marca el objetivo de la neutralidad climática para 2050, reduciendo las emisiones de carbono en un 40 % para 2030 (en comparación con 2007). La energía térmica utilizada en el sistema de calefacción urbana se genera íntegramente a partir de combustibles renovables. Los sistemas de producción, distribución y acumulación de energía eléctrica y térmica basados en tecnología verde se implementan en condiciones de mercado abierto y competencia abierta en las áreas de nuevos desarrollos y en pequeños edificios residenciales. Aproximadamente el 50 % de la energía necesaria en la ciudad se producirá en Tallin en 2030. La unión de cooperativas de vivienda de Estonia (EKYL) ofrece un programa de ayuda y asesoramiento para mitigar la pobreza energética, promocionando las medidas de eficiencia energética, las comunidades energéticas y las energías renovables, así como campañas de microfinanciación.

- En Tallin se han conservado numerosas áreas verdes urbanas de gran tamaño que funcionan como corredores de migración para varias especies tanto de aves, como de insectos. Las áreas que están protegidas alcanzan un 13,8 % de la superficie de Tallin, lo que supone un total de 2.200 ha (https://www.tallinn.ee/est/g19961s113195). La apuesta de la ciudad por mejorar las infraestructuras verdes es clara ya que se propone de aumentar el número de espacios verdes, al rediseñar las calles y los barrios, incorporando especies resistentes al cambio climático y mejorando la

permeabilidad de suelos. La línea estratégica de El hogar incluye la calle, es un paso más hacia sentir el espacio público como propio, como parte imprescindible para la vida cotidiana. La gestión del espacio público y del desarrollo urbano se realiza por planes de distritos.

- La construcción sostenible también es contemplada en la planificación estratégica, mejorando la gestión de todos los procesos, desde el diseño hasta las licencias. Se observa desde la observación de materiales y energías más sostenibles hasta la gestión digital más avanzada.

Copenhague

El documento *CPH 2025 Climate Plan. Roadmap 2021-2025* (The Climate Secretariat of Copenhagen, 2020) que se estructura en cuatro pilares fundamentales, el consumo energético, la producción energética, la movilidad y las iniciativas municipales públicas para conseguir la neutralidad climática en 2025. De este modo se convierte en la ciudad con el plan más ambicioso respecto a la mitigación del cambio climático. Aun así, la ciudad reconoce que no todo estará hecho en 2025 y para 2023 debe estar presentado el nuevo plan que incluya la eliminación de algunas emisiones residuales debidas al transporte, a la incineración de residuos y algunas otras fuentes.

- En el caso de Copenhague las acciones desarrolladas en materia de Sistema de Agroalimentario y Biodiversidad son significativas, y muy destacables las acciones relacionadas con la Movilidad que coinciden con el nivel de Estocolmo. En caso de Copenhague es importante destacar la planificación de carriles bici desde 2002 a 2016 con un aumento considerable de los mismos, lo que convierte a Copenhague a una de las ciudades más ciclables del mundo. Se proponen sistemas nuevos como Eco-Driving y el Compass4D, en los que la optimización de las señales semafóricas, combinado con la iluminación inteligente y la digitalización de la información y gestión del tráfico consiguen un escenario más eficiente de la movilidad en todos sus modos. También se incluye un sistema de relocalización del tráfico pesado y la introducción de tecnologías para garantizar la seguridad de los ciclistas. Copenhague se ha propuesto el gran reto de descarbonizar el transporte en su mayor parte, proporcionando a la movilidad activa el papel protagonista, gracias a la mejora del espacio público, de las infraestructuras de la movilidad más seguras y eficientes y a la gestión inteligente de los distintos modos de transporte (City of Copenhagen 2011 y 2013).

- La ciudad de Copenhague tiene previsto plantar 100.000 árboles con la compra de tierras de cultivo fuera de la ciudad con la idea de generar nuevos bosques semiurbanos. El objetivo es que los bosques de la ciudad de Copenhague y alrededores absorban 3.000 toneladas de CO2 en 2025, al mismo tiempo que aumenten la biodiversidad en una serie de bosques recreativos cerca de Copenhague. Además de la acción de plantar árboles en el entorno urbano, junto con la Agencia Danesa de la Naturaleza se prevé plantar árboles en las áreas de captación de agua de Zelanda, con especial énfasis en la protección de los pozos de agua potable y acuíferos. Estas acciones también contribuirán a establecer sumideros de carbono.

- Respecto al sector de la construcción, es destacable el documento del estado danés, The National Strategy for Sustainable Construction (Ministry of the Interior and Housing, 2021) enfocado en 5 pilares fundamentales, la construcción amable con el clima, la calidad y durabilidad de los edificios, edificios con recursos eficientes, eficiencia energética y salud, y construcción digitalizada. Por otro lado, enfatiza en los grandes retos de la construcción, reducir los impactos en el medioambiente, introducir el coste del ciclo de vida y la salud en los interiores. En esta misma línea lleva trabajando la ciudad de Copenhague desde hace años con la publicación de sostenibilidad para la construcción y la obra civil (City of Copenhagen,2017), estructurada en pilares, agua, electricidad y calefacción, Materiales, Clima interior, agua de lluvia y naturaleza, recursos y residuos y lugar de las obras.

- En el sector de la industria se propone la necesaria transformación de la maquinaria, y muy específicamente la de la construcción, en tecnologías más verdes y descarbonizadas.

Lahti

El objetivo municipal es ser en una ciudad neutra en carbono para 2025, el más ambicioso junto con Copenhague. Desde 1990 se han reducido las emisiones de gases de efecto invernadero en un 70%.

- En el caso de Lahti, se observa similitud en el porcentaje de la estrategia de Industria con el de Hamburgo aunque con acciones diferentes. Entre ellos podemos destacar la Instalación de nuevos sensores de calidad del aire en el centro de la ciudad para mejorar la calidad del aire.

- Lahti es pionera en economía circular. Actualmente, recicla más del 99% de los residuos domésticos: un tercio se utiliza para fabricar materiales

reciclados y los otros dos tercios se utilizan para producir energía. En 2017 se presentó la primera hoja de ruta regional para la economía circular de Finlandia (https://greenlahti.fi/).

- Los objetivos ambientales y el negocio se encuentran en el ecosistema del centro de gestión de residuos de Kujala, que es un ejemplo único de economía circular. Las empresas se benefician de la cooperación y de los productos, el conocimiento y la experiencia de cada uno. La ciudad se ha sumado al reto del Pacto Verde en cuanto a los residuos de la construcción, cuyo principal objetivo es aumentar la reutilización y el reciclaje de los materiales de demolición.

- La estrategia con mayor porcentaje es la que se refiere a la Contaminación cero, destacando la prohibición del uso del carbón desde 2019. También es muy importante para la ciudad la protección de los recursos hídricos subterráneos, ya que la ciudad se encuentra cerca de una de las mayores reservas de agua subterránea de Finlandia, las cordilleras de Salpausselkä.

- El proyecto CitiCAP (Citizens' cap-and-trade co-creado) se centra en promover la movilidad urbana sostenible en Lahti. Entre otras medidas, destacan la plataforma abierta de datos de movilidad y el plan de movilidad urbana sostenible (SUMP) y el modelo para el comercio de carbono personal en movilidad, desarrollado a través de una aplicación que permitió el seguimiento y la visualización en tiempo real de la huella de carbono de la movilidad, así como su intercambio. También se mejoran las infraestructuras ciclistas con una vía rápida de 2,5 kilómetros de longitud y se han implementado en el carril bici soluciones inteligentes, como iluminación de bajo consumo, pantallas de información y señales de tráfico visibles en la oscuridad (https://www.uia-initiative.eu/en/uia-cities/lahti).

- En el caso de la construcción, cuentan con un Centro de Desarrollo de la Construcción neutra en Carbono que aporta información sobre cómo adaptarse a los cambios y mitigar el cambio climático a través de soluciones de vivienda y construcción. La Guía para la construcción neutra en carbono formó parte del año 2021 de Lahti European Green Capital y se elaboró en cooperación con el Centro de desarrollo de la construcción neutra en carbono de Lahti. Entre las directrices del documento se encuentran las siguientes: eliminar metros cuadrados innecesarios, aumentar la eficiencia energética y reducir las emisiones generadas durante el uso del edificio, usar componentes y materiales de construcción sostenibles, duraderos y fáciles de reparar, prolongar la vida útil del edificio con medidas de mantenimiento

fáciles de llevar a cabo y favorecer los materiales captadores de carbono (https://www.lahti.fi/en/housing-and-environment/construction-and-properties/sustainable-home-guide-to-carbon-neutral-construction/).

- Uno de los aspectos más destacados en Lahti es la conservación de la naturaleza y el cuidado a la biodiversidad. Las reservas naturales de la ciudad representan una diversa variedad de biotipos, incluidos pantanos, bosques de brezales y humedales. Actualmente hay 14 áreas protegidas bajo la Ley de Conservación de la Naturaleza con un área total de 1.000 hectáreas lo que supone el 2% del área del municipio.

Helsingburgo

Como objetivo global destaca el que tiene que ver con la reducción del 80% de las emisiones de dióxido de carbono del tráfico rodado para 2030 respecto a los niveles de 2010. También aspira a la neutralidad climática global en 2030 (City of Helsingborg, 2018).

- En el sector agroalimentario, el impacto climático del consumo de alimentos debe reducirse a 1 tonelada métrica de CO_2 equivalente por habitante y año, para 2035. Destaca también el objetivo para 2035 de que todos los plásticos hechos de combustibles fósiles desaparecerán de los desechos residuales de Helsingburgo.

- En cuanto al bloque de la energía, para 2030 se propone la mejora de la eficiencia en un 50% respecto a 2005, así como disminuir la energía primaria en un 30%. Y otro gran reto para 2024, es el de que la calefacción urbana de Helsingburgo sea energía 100 % renovable para 2024.

- Se apuesta por la movilidad activa, mejorando las infraestructuras para garantizar la reducción del tiempo en los desplazamientos, así como la seguridad. Se racionaliza la distribución de mercancías, para hacerla más segura y menos contaminante. Destaca el acuerdo de la ciudad de Helsingborg con la industria logística en consonancia con lo determinado por el acuerdo de parís.

- Respecto a la construcción se recoge la necesidad de reducir las emisiones en todo el ciclo de vida.

- Respecto a la contaminación destaca el proyecto piloto RecoLab en el distrito central de Oceanhamnen. El Sistema de alcantarillado separa las

aguas negras (inodoro), las aguas grises (baño y lavado) y los desechos de alimentos a través de tres tuberías separadas para ser procesadas. En los hogares ya se permite reciclar papel, vidrio y metal, pero el reciclaje separativo de las aguas, así como de los desechos de alimentos a gran escala es altamente innovador.

- Por último, es muy destacable el documento de calidad de vida de Helsingborg, que trabaja el desarrollo sostenible de una manera holística con 4 pilares fundamentales, la responsabilidad a largo plazo, la participación de todos, una existencia activa a lo largo de todo la vida y una sociedad equitativa. Para conseguir una calidad de vida considerable, se potencian las infraestructuras verdes y los derechos sociales (City of Helsingborg, 2021).

Fuentes de información e indicadores. Matriz de análisis de ciudades.

Para el estudio comparativo se han establecido los mismos indicadores seleccionados para el análisis de ciudades españolas, estructurados según los bloques del Pacto Verde. Para la evaluación de las ciudades se han examinado los documentos SECAP (The Sustainable Energy and Climate Action Plan) de cada una de las candidatas, además de los distintos planes sectoriales urbanos según los bloques del Pacto Verde recogidos en el epígrafe anterior.

Una vez analizados los documentos de referencia en las distintas líneas del Pacto Verde Europeo se procede a analizar de una manera sistemática la globalidad de las ciudades respecto a las acciones concretas. En caso de existir la acción se ha otorgado un punto por cada una (en caso contrario se ha indicado mediante puntuación nula que no existe ninguna estrategia que atienda a dicha cuestión). De esta forma, se ha proporcionado una puntuación dentro de cada bloque que oscila entre cero y cien (en tanto por ciento) en función del número de acciones que son atendidas por los gobiernos locales respecto al total considerado.

Respecto a la pobreza energética es necesario destacar que algunos países no la consideran un problema específico y no lo tratan por consiguiente como tal. Se integran dentro de acciones generales de mitigación de la pobreza, en especial es el caso de Suecia (von Platten, 2021). Por este motivo la valoración del indicador de pobreza energética puede desvirtuar un tanto la calificación final de las 5 ciudades que no la observan, máxime cuando 4 de ellas son nórdicas. Este puede ser uno de los motivos por lo que Tallín es la única ciudad con un programa dedicado a este tema.

EU GREEN DEAL									
Línea de acción	**Acción**	**ESTOCOLMO**	**HAMBURGO**	**TALLÍN**	**COPENHAGUE**	**LAHTI**	**HELSINBORG**	**Grado de aplicación por acción (%)**	**Grado de aplicación por línea (%)**
ENERGÍA	La transición energética limpia implica y beneficia a los consumidores	1	1	1	1	1	1	**100,00**	**79,17**
	Integración inteligente de energías renovables	1	1	1	1	1	1	**100,00**	
	Eficiencia energética	1	1	1	1	1	1	**100,00**	
	Lucha contra la pobreza energética a través de la renovación de viviendas	0	0	1	0	0	0	**16,67**	
	RESULTADOS PARCIALES ENERGÍA	☆ 75%	☆ 75%	★ 100%	☆ 75%	☆ 75%	☆ 75%		
INDUSTRIA	Monitorización de la calidad del aire y el agua, del uso de la energía y los recursos naturales	1	1	1	1	1	1	**100,00**	**75,00**
	Recuperación y reutilización de productos	1	0	0	1	1	1	**66,67**	
	Electrificación de los consumos industriales en entornos urbanos	1	1	0	1	0	1	**66,67**	
	Recuperación y valorización de residuos	1	0	0	1	1	1	**66,67**	
	RESULTADOS PARCIALES INDUSTRIA	★ 100%	☆ 50%	☆ 25%	★ 100%	☆ 75%	★ 100%		
CONSTRUCCIÓN	Regímenes innovadores de financiación para la renovación energética de edificios (cooperativas de viviendas, ESEs)	0	0	1	0	0	0	**16,67**	**50,00**
	Eliminar obstáculos a las inversiones en eficiencia energética en edificios alquilados y de propiedad múltiple	0	0	1	1	0	0	**33,33**	
	Renovación de viviendas sociales	1	0	0	1	1	0	**50,00**	
	Renovación de centros educativos y hospitales	1	1	0	1	1	0	**66,67**	
	Instalaciones inteligentes	1	1	0	1	0	1	**66,67**	
	Reducción de los residuos derivados de la construcción (RCD, residuos de construcción y demolición)	1	0	0	1	1	1	**66,67**	
	RESULTADOS PARCIALES CONSTRUCCIÓN	☆ 67%	☆ 33%	☆ 33%	★ 83%	☆ 50%	☆ 33%		
MOVILIDAD	Gestión inteligente del tráfico	1	1	1	1	1	1	**100,00**	**83,33**
	Nuevos servicios de transporte sostenible	1	1	1	1	1	1	**100,00**	
	Producción y utilización de combustibles alternativos y sostenibles para transporte	1	1	1	1	1	1	**100,00**	
	Electrificación del parque móvil	1	1	1	1	0	1	**83,33**	
	Despliegue de puntos públicos de recarga y repostaje	1	1	1	1	0	0	**66,67**	
	Normas más estricas sobre emisiones para vehículos con motor de combustión	1	0	0	1	0	0	**33,33**	
	Apuesta por la movilidad activa	1	1	1	1	1	1	**100,00**	
	RESULTADOS PARCIALES MOVILIDAD	★ 100%	★ 86%	★ 86%	★ 100%	☆ 57%	☆ 71%		
SISTEMA AGROALIMENTARIO	Economía circular en el sector minorista de la alimentación	1	0	1	1	1	1	**83,33**	**72,22**
	Estímulo del consumo de alimentos sostenibles	1	1	0	0	1	1	**66,67**	
	Mejora del tratamiento de residuos derivados del consumo de alimentos	1	0	1	0	1	1	**66,67**	
	RESULTADOS PARCIALES SIST. AGROALIM.	★ 100%	☆ 33%	★ 67%	☆ 33%	★ 100%	★ 67%		
BIODIVERSIDAD	Ciudades más ecológicas e incremento de la biodiversidad en los espacios urbanos	1	1	1	1	1	1	**100,00**	**100,00**
	RESULTADOS PARCIALES BIODIVERSIDAD	★ 100%	★ 100%	★ 100%	★ 100%	★ 100%	★ 100%		
CONTAMINACIÓN CERO	Frenar la contaminación por escorrentía urbana, nuevos contaminantes y sustancias químicas	1	0	1	1	1	1	**83,33**	**70,83**
	Normas sobre calidad del aire adaptadas a las recomendaciones de la OMS	1	1	1	1	1	1	**100,00**	
	Creación de sumideros de carbono	1	0	1	1	1	1	**83,33**	
	Investigación para la reducción del impacto de gases refrigerantes y disolventes en la atmósfera	1	0	0	0	0	0	**16,67**	
	RESULTADOS PARCIALES CONTAMINACIÓN 0	★ 100%	☆ 25%	★ 75%	★ 75%	★ 75%	★ 75%		
		26	16	19	24	20	21		
		89,66	**55,17**	**65,52**	**82,76**	**68,97**	**72,41**		

Tabla 4. Tabla de evaluación de políticas según acciones concretas del Pacto Verde Europeo en las 6 ciudades con buenas prácticas destacadas.
Elaboración propia.

Finalmente, y según los datos obtenidos en esta tabla se procede a seleccionar las mejores candidatas por cada uno de los bloques del Pacto Verde.

Resultados

Línea de acción	Candidato 1	Máx (%)	Candidato 2	Máx (%)
ENERGÍA	Tallín	100 %	Todas las demás	75 %
INDUSTRIA	Estocolmo/ Copenhague/ Helsingborg	100 %	Lathi	75 %
CONSTRUCCIÓN	Copenhague	83 %	Estocolmo	67 %
MOVILIDAD	Estocolmo/ Copenhague/	100 %	Hamburgo /Tallín	86 %
SIST. AGROALIMENTARIO	Estocolmo/ Lahti	100 %	Tallín/ Helsingborg	67 %
BIODIVERSIDAD	Todas	100 %		
CONTAMINACIÓN CERO	Estocolmo	100 %	Tallín/ Copenhague/ Helsingborg/ Lahti	100 %

Tabla 5. Resultados de la evaluación numérica (primera y segunda mejor puntuación). Elaboración propia.

La ciudad ideal

Tras el estudio de las distintas políticas desarrolladas en las ciudades candidatas, en la fase de la selección se analiza las ciudades que han obtenido mejores puntuaciones por bloques temáticos, y de esta manera se obtiene una ciudad ideal suma de cada una de las mejores clasificadas. A igualdad de puntuación se establece un criterio o motivación que ha propiciado la elección de una capital respecto a otra.

Línea de acción	Ciudad ideal	Motivación destacable
ENERGÍA	Tallín/Hamburgo	En este apartado ha sido imposible seleccionar una sola ciudad. Aunque Tallín es la que obtiene mayor puntuación por tener una acción para la pobreza energética, hay que considerar que algunos países del norte de Europa y en especial los nórdicos no contemplan la pobreza energética como un problema desagregado y de diferente tratamiento que la pobreza global, por lo que no tienen medidas específicas. Se ha seleccionado Hamburgo por tener un plan de energía que involucra al sector industrial. Para la ciudad de Hamburgo las energías renovables son un valor no sólo medioambiental sino también económico, social y de innovación empresarial: se crea el clúster de energía de Hamburgo

		para sumar esfuerzos en este sentido y está formado por la administración local, empresas y centros de investigación
INDUSTRIA	Estocolmo	Estocolmo destaca por su estrategia de una ciudad No –tóxica, evitándose la contaminación desde todos los sectores, químicos de todo tipo, contaminación de maquinaria, contaminación acústica, … existe una alianza con el sector industrial para conseguir los objetivos desde 2007 y del que formaban parte 7 corporaciones, en la actualidad la alianza la forman 250 entidades.
CONSTRUCCIÓN	Copenhague/ Estocolmo/ Lathi	Destaca Copenhague por sus planes de maquinaria de la construcción no contaminante, y por potenciar la construcción duradera, y valorizar todo el ciclo de vida de los materiales. Aunque Estocolmo no haya obtenido la puntuación máxima, tiene un punto destacado que no se ha observado en ninguna otra ciudad, la densificación residencial de los nodos de transporte, y la imposibilidad de crecimiento de la ciudad por ningún área que no pase el transporte público. Aunque Lathi no consiga la máxima puntuación destaca por la elaboración de una guía para la construcción neutra en carbono. Entre otras acciones se promueve la sencillez de la construcción, la reducción al máximo de las superficies construidas según las necesidades, reutilización y durabilidad de los materiales.
MOVILIDAD	Copenhague/ Lahti	Aunque obtiene la misma puntuación máxima que Estocolmo se elige a Copenhague por contar con un plan de mejora de las infraestructuras ciclistas desde 2002. Además, es destacable la digitalización de la movilidad inteligente, para priorizar el tráfico de bicicletas, pero sobre todo para garantizar la seguridad vial de todos y la máxima eficiencia. Aunque la ciudad de Lathi no obtenga la máxima puntuación se ha seleccionado por su innovador programa CITYCAP, de intercambio de
SIST. AGROALIMEN-TARIO	Estocolmo/ Lahti/Helsinborg	Estocolmo destaca por su estrategia Smart food, y por valorar la alimentación desde una perspectiva social y medioambiental: por otro lado, destaca la ciudad de Lathi por su estrategia de economía circular de 2017. El 99% de los residuos domésticos son reciclados. Helsinborg también cuenta con una estrategia interesante de reducir la huella de carbono asociada al consumo de alimentos en una tonelada por habitante y año para 2035, y todos los plásticos procedentes de combustibles fósiles desaparecen para la misma fecha.
BIODIVERSIDAD	Todas	Todas las ciudades seleccionadas tienen políticas altamente eficaces en la promoción de la biodiversidad, promoviendo las infraestructuras verdes intercomunicadas creando sistemas complejos o corredores. Lathi cuenta con 14 áreas protegidas medioambientalmente. Tallín ha protegido el14% de la superficie del municipio, promoviendo la vegetación. Copenhague tiene entre sus planes la plantación de 100.000 árboles en terrenos de cultivo de las áreas periféricas de la ciudad con el objetivo de crear parques periurbanos que absorban 3.000 tonelada de CO_2 al año.
CONTAMINA-CIÓN CERO	Estocolmo	Aunque la capital sueca obtenga la máxima calificación gracias a su programa *Stockholm non-toxic*, todas las ciudades obtienen puntuaciones muy altas menos Hamburgo. Destaca el ambicioso objetivo de descarbonización para 2025 de Copenhague y Lathi.

Diseño de indicadores para la medición de la implantación/ cumplimiento del Pacto Verde Europeo en el ámbito local

El Pacto Verde Europeo se hace local

FUNDACIÓN RENOVABLES

7. Diseño de indicadores para la medición de la implantación/cumplimiento del Pacto Verde Europeo en el ámbito local

Para la definición de bloques de indicadores se ha seguido la misma estructura que se recoge en el Pacto Verde Europeo y con la que se viene trabajando en todo el proyecto, Energía, Industria, Construcción, Movilidad, Sistema agroalimentario, Biodiversidad y Contaminación cero. Sin embargo, en el desarrollo de la investigación se ha visto necesario establecer dos niveles diferentes de indicadores, tanto por la relevancia de estos como por la obtención y accesibilidad a los datos.

Tal y como se ha observado en el análisis de políticas de anteriores epígrafes, las ciudades en general, tienen una trayectoria considerable de acciones y planes relacionados con la energía y la movilidad. En cuanto al cambio climático, las acciones encaminadas a la disminución de emisiones de CO2 se han centrado mayoritariamente en la energía y la movilidad, considerando las dos grandes fuentes de los núcleos urbanos. Si se observa la trayectoria de inventario de emisiones recogidas en el Pacto de Alcaldes, muchas de las ciudades llevan informando de sus emisiones asociadas al consumo final de energía en edificios y transporte desde 2008, lo que supone casi 15 años de experiencia. Por este motivo es relativamente fácil encontrar información en estos dos sectores. Sin embargo, en el reto de ser un continente neutro en carbono para 2050 que se ha impuesto la Unión Europea, han entrado en juego nuevos sectores y fuentes de emisiones no tan fáciles de cuantificar. Por este motivo se han estructurado los indicadores en los dos principales, Energía, Movilidad y otros indicadores, en los que se han recogido el resto de las dimensiones del Pacto Verde.

Movilidad

Determinación de las emisiones asociadas a la movilidad urbana

Introducción

Determinar las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) que se asocian a la movilidad urbana es siempre una ardua tarea por diversos motivos: por una parte, se requiere disponer de información suficiente acerca de los consumos asociados a los vehículos que se emplean en los modos motorizados (ya sean trenes, autobuses o turismos privados); mientras que por otra es importante contar con datos relativos a la ocupación media y al reparto modal, con la condición de que sean comparables (y que, por tanto, correspondan a un período de tiempo relativamente similar). Así, la multiplicidad de los vehículos que se emplean en los modos motorizados, junto con la

dejadez por parte de ciertas administraciones públicas a la hora de reportar los datos necesarios para el cálculo de la ocupación media y el reparto modal a las instituciones responsables de centralizar y difundir dichos datos (tales como el OMM, Observatorio de la Movilidad Metropolitana, o el OTLE, Observatorio del Transporte y la Logística en España) complejizan en un enorme grado el proceso de obtención de emisiones por kilómetro y pasajero.

Fundamentalmente, y de cara a comprender los procedimientos de cálculo y los valores asociados a este indicador, se ha de tener en cuenta que las emisiones de GEI asociadas a la movilidad urbana dependen de tres factores:

- La naturaleza del reparto modal: cuanto mayor sea el peso del transporte público colectivo, y, sobre todo, de la movilidad activa (con cero emisiones) menos contaminante será la movilidad urbana.
- La ocupación media en los modos motorizados: una ocupación media elevada garantiza unas emisiones reducidas, por lo que será clave adaptar la oferta a la demanda e incentivar el uso del transporte público colectivo y la modalidad de vehículo compartido de cara a reducir emisiones.
- La tecnología empleada en los modos motorizados: es necesario conseguir una electrificación total de los modos motorizados, que conjuntamente con la introducción paulatina de tecnologías renovables con cero emisiones en el mix eléctrico permitan alcanzar a largo plazo el objetivo cero emisiones en la movilidad urbana (téngase en cuenta que la movilidad activa per se no genera emisiones).

Teniendo claro estos tres puntos, el desarrollo de los cálculos que se proponen a continuación (pese a su profundidad) es sencillo, determinándose de forma separada las emisiones por km y pasajero asociadas a cada modo motorizado (vehículo privado y transporte público colectivo) e indicando las emisiones propias de cada modo de transporte público colectivo en las diferentes ciudades analizadas (las 16 capitales de provincia españolas por población).

Determinación de las emisiones asociadas al vehículo privado por km y pasajero

Limitaciones

A la hora de determinar las emisiones medias asociadas al vehículo privado por km y pasajero en las ciudades analizadas, se tendrán en cuenta las dos limitaciones siguientes (que tienen por objetivo garantizar unos datos representativos y manejables):

- La potencia de los turismos (M1) empleados en el cálculo está comprendida entre 90 y 120 CV (66 y 88 kW), valores de potencia medios que permiten que la muestra sea representativa. Únicamente en el caso de los turismos eléctricos puros (BEV) se ha contemplado un rango de potencias sensiblemente superior, entre 60 y 100 kW, dadas las características de este tipo de vehículos.

- En el caso de los vehículos M1 de motor diésel o gasolina, dada la amplia variedad de modelos existentes, se ha optado por limitar el cálculo a los cinco modelos más frecuentes del parque automovilístico en España (a saber: Seat Ibiza, Renault Megane, Volkswagen Golf, Ford Focus y Opel Astra), para que de esta forma los resultados obtenidos sean suficientemente representativos. En el año 2020, dichos cinco modelos suponían el 13,4 % del parque nacional de turismos (datos recogidos en el informe El parque de turismos por tipo de motor. Datos 2020, elaborado por Estamos Seguros, el Centro Zaragoza - Instituto de Investigación sobre Vehículos, S.A., y UNESPA (Unión Española de Entidades Aseguradoras y Reaseguradoras).

Emisiones medias según normas Euro (sólo turismos diésel y gasolina)

En el caso de los turismos con motor diésel o gasolina, las emisiones medias por kilómetro recorrido se han determinado calculando el promedio de emisiones para los 5 modelos de turismos más frecuentes en el parque móvil nacional. Para los turismos con motor Euro 4, 5 y 6, las emisiones para cada uno de los cinco modelos se han obtenido directamente de los datos técnicos aportados por el fabricante. En cambio, en el caso de los turismos con motor Euro 2 y Euro 3 (para los cuales los fabricantes no aportan el dato de emisiones) ha sido necesario calcular las emisiones multiplicando el consumo medio a los 100 por el factor de emisión correspondiente (año 2021): 2250 gCO_2e/litro para la gasolina (E5) y 2520 gCO_2e/litro para el gasóleo A de automoción (B7). En este caso, es importante no olvidar dividir entre 100 para obtener las emisiones por kilómetro recorrido.

***Nota metodológica**:* como se sabe, el equivalente de CO_2 (CO_2e) para un determinado gas se obtiene multiplicando la masa de dicho gas por su potencial de cambio climático o GWP (Global Warming Potential, adimensional). Al dióxido de carbono se le asigna el valor estándar GWP igual a 1, a partir del cual se determina el índice GWP para otros gases. Según se establece en el *Quinto Informe de Evaluación del Panel Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático* (IPCC Fifth Assessment Report - AR5, 2014), el potencial de calentamiento global GWP toma un valor igual a 28 para el metano y 265 para el dióxido de nitrógeno (tomando un horizonte de 100 años).

Tal y como se recoge en el *Inventario de emisiones* elaborado por el MITERD (versión 22, julio de 2022), en el año 2021, la combustión de un litro de gasolina E5 para turismos (M1) emite 2237 gramos de CO_2, 0,243 gramos de metano y 0,025 gramos de dióxido de nitrógeno. Multiplicando convenientemente por sus respectivos potenciales de cambio climático se obtiene el equivalente de dióxido de carbono:

$$2237 \cdot 1 + 0{,}243 \cdot 28 + 0{,}025 \cdot 265 = 2250 \text{ gCO}_2\text{e}$$

Que es precisamente el valor del factor de emisión para la gasolina E5 en turismos expresado en gCO_2e que aparece en el mencionado inventario del MITERD. Como se puede comprobar, dado que la combustión de un litro de gasolina E5 en turismos emite fundamentalmente dióxido de carbono, el dato final de CO_2e va a ser muy parecido al dato ofrecido para el CO_2 (a pesar de que el CH_4 y el N_2O presenten potenciales de calentamiento global muy elevados en comparación al CO_2). Sin embargo, aunque similares, no son idénticos. Es necesario tener esto en cuenta, ya que en las fuentes consultadas aparecen expresadas las emisiones directas de CO_2 equivalente según el modelo de turismo (y no las emisiones equivalentes). Se propone la utilización de un factor corrector, que no es más que el cociente entre las emisiones de CO_2e (debidas a CO_2, CH_4 y N_2O) y las emisiones de CO_2, de tal forma que al multiplicar las emisiones medias de CO_2 para cada motor Euro y cada combustible (diésel y gasolina) por dicho factor corrector se obtengan de forma directa las emisiones de CO_2e medias. Este factor corrector habrá de aplicarse a las emisiones medias para los vehículos con motor diésel o gasolina Euro 4, 5 Y 6 (es decir, aquellos casos en los que el fabricante aporta el dato de emisiones directas de CO_2 sin necesidad de calcularla a partir del consumo). En la tabla a continuación se recogen los valores de dicho factor corrector para cada uno de los dos combustibles.

Combustible	Emisiones de CO_2e	Emisiones de CO_2	Factor corrector
	gCO_2e/litro	*gCO_2/litro*	
Gasolina E5 (M1, 2021)	2250	2237	1,0058
Diésel B7 (M1, 2021)	2520	2488	1,0129

Tabla 6. Emisiones CO2 y CO2e y factor de corrección normas Euro. Elaboración propia.

Emisiones medias en turismos sin distintivo ambiental

En el caso de los turismos, entran dentro de esta categoría los vehículos de gasolina anteriores a la norma Euro 3, así como los vehículos diésel anteriores a la norma Euro 4. A efectos de cálculo, y dado que los vehículos Euro 1 presentan una edad media muy avanzada (y son poco frecuentes en el parque móvil nacional), se han considerado únicamente los vehículos de gasolina Euro 2 y los vehículos diésel Euro 2 y 3. Para computar las emisiones medias, se adopta el criterio de máxima incertidumbre (el 50 % de los vehículos diésel contemplados son Euro 2, y el 50 % restante Euro 3) tal que las emisiones para vehículos sin distintivo ambiental serán:

$$E_{SD} = E_{gasolina\ E2} \cdot P_{gasolina} + (0{,}5 \cdot E_{diésel\ E2} + 0{,}5 \cdot E_{diésel\ E3}) \cdot P_{diésel}$$

Siendo E el valor medio de emisiones por turismo según combustible (diésel o gasolina) y norma Euro, y P la proporción relativa para vehículos gasolina y diésel presentes en el parque móvil de cada provincia (calculada sobre la suma de turismos diésel + gasolina). Por tanto, las emisiones medias en turismos sin etiqueta ambiental variarán de una provincia a otra, ya que la proporción de vehículos de gasolina y diésel varía en función de la provincia seleccionada.

Emisiones medias en turismos con distintivo ambiental B

Dentro de la etiqueta ambiental B (amarilla) se incluyen los turismos diésel con nivel de emisiones Euro 4 o 5 y los turismos gasolina con nivel de emisiones Euro 3. Puesto que este distintivo agrupa a vehículos propulsados tanto por diésel como por gasolina, las emisiones medias de la misma dependerán de la proporción relativa de vehículos de diésel y gasolina que compongan el parque automotor de cada provincia (no se puede adoptar un valor único para todo el territorio nacional). La expresión que proporciona las emisiones medias para turismos con este distintivo ambiental es (adoptando de criterio de máxima incertidumbre para las diferentes normas de emisiones Euro designadas):

$$E_B = E_{gasolina\ E3} \cdot P_{gasolina} + (0{,}5 \cdot E_{diésel\ E4} + 0{,}5 \cdot E_{diésel\ E5}) \cdot P_{diésel}$$

Donde E designa las emisiones medias por turismo en función del tipo de combustible (diésel o gasolina) y la norma Euro que corresponda, y P designa la proporción relativa de vehículos de diésel y gasolina presentes en el parque móvil provincial (calculada sobre la suma de turismos diésel + gasolina).

Emisiones medias en turismos con distintivo ambiental C

La etiqueta ambiental C incluye a los turismos diésel con nivel de emisiones Euro 6 y a los turismos gasolina con nivel de emisiones Euro 4, 5 o 6. De nuevo, las emisiones medias asociadas a los vehículos con este distintivo van a fluctuar según la composición del parque vehicular de cada provincia. La expresión que proporciona el valor de las emisiones de GEI para los turismos con derecho a esta etiqueta es la que se recoge a continuación (se asume el criterio de máxima incertidumbre para la distribución de los vehículos según normas Euro):

$$E_C = (\tfrac{1}{3} \cdot E_{gasolina\ E4} + \tfrac{1}{3} \cdot E_{gasolina\ E5} + \tfrac{1}{3} \cdot E_{gasolina\ E6}) \cdot P_{gasolina} + E_{diésel\ E6} \cdot P_{diésel}$$

Siendo E de nuevo el valor de emisiones medias de los turismos según la norma Euro y el combustible que corresponda, y P la proporción relativa de vehículos diésel y gasolina en circulación en cada provincia (sobre la suma de vehículos diésel + gasolina).

Emisiones medias en turismos con distintivo ambiental ECO

Dentro de la etiqueta ECO se han considerado los turismos híbridos no enchufables (HEV, hybrid electric vehicle) de gasolina, así como los turismos propulsados por gas natural comprimido (GNC) y gases licuados de petróleo (GLP). No se incluyen los híbridos enchufables (PHEV, plug-in hybrid electric vehicle) con autonomía inferior a los 40 km, ya que pese a tener derecho a este distintivo ambiental, son muy pocos los modelos existentes en España. A diferencia de las emisiones asociadas a turismos con etiqueta B, C o sin etiqueta, las emisiones medias por turismo con distintivo ambiental ECO sí son las mismas en todo el territorio nacional. Para su cálculo, se han tomado todos los modelos de turismos HEV gasolina (281), GNC (83) y GLP (71) que figuran en la Base de Datos de Vehículos del IDAE (Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía), con un rango de potencia comprendido entre 90 y 120 CV (66 y 88 kW). Se parte de la suposición de que el número de modelos es directamente proporcional al volumen de vehículos según tecnología que forman parte del parque móvil, y es por tanto un indicador de la proporción en la que se encuentran presentes (es decir, un mayor número de modelos implica una mayor presencia en las calles). Bajo esta

suposición, el cálculo de las emisiones en turismos con etiqueta ECO se ha realizado como sigue:

$$E_{ECO} = [281/435 \cdot C_{HEV} \cdot F_{HEV} + 83/435 \cdot C_{GNC} \cdot F_{GNC} + 71/435 \cdot C_{GLP} \cdot F_{GLP}]/100$$

Siendo C el consumo medio a los 100 km (en litros o kg, según corresponda) y F el factor de emisiones publicado por el MITERD (Versión 22, Julio 2022), expresado en gCO2e/ud (litros para HEV gasolina y GLP, kg para GNC). En la tabla a continuación se muestran los datos de consumo y factor de emisiones según tecnología que se han empleado a nivel de cálculo:

Tecnología	Consumo medio a los 100 km	Factor de emisiones (2021)
	litros o kg	*gCO_2e por litro o kg*
HEV (gasolina E5)	5,02	2250
GNC (gas natural comprimido)	4,17	2798
GLP (gases licuados de petróleo)	6,51	1747

Tabla 7. Consumo medio y factor de emisiones por carburante.
Elaboración propia.

Considerando las suposiciones anteriormente planteadas y siguiendo la metodología de cálculo expuesta, las emisiones medias para turismos con etiqueta ambiental ECO serán iguales a **113,79 $gCO2_e$/km**.

Emisiones medias en vehículos con distintivo ambiental CERO

Finalmente, pertenecen a la etiqueta CERO los turismos eléctricos puros (BEV, battery electric vehicle), los híbridos enchufables (PHEV) con autonomía superior a 40 km y los eléctricos de autonomía extendida (REEV, range-extended electric vehicle). Esta última tipología no se ha considerado a efectos de cálculo, ya que en la Base de Datos de Vehículos del IDAE figura un único modelo (la penetración de esta tecnología es aún muy baja). El cálculo de emisiones se ha llevado a cabo a partir de los siguientes modelos:

- BEV (potencia entre 60 y 100 kW, 82 a 136 CV): Seat Mii electric, Hyundai Ioniq EV, Hyundai Kona EV, Kia E-Niro, Kia E-Soul, Renault Twingo, Fiat 500e, Honda e Honda BEV, Opel Corsa-e, Toyota Proace City Verso EV, Citroën nuevo ë-C4, Peugeot Nuevo 208 eléctrico, Renault Megane E-Tech,

Volkswagen E-Golf (y variantes de estos modelos, hasta completar un tamaño muestral igual a 18).

- PHEV con autonomía eléctrica de más de 40 km (potencia entre 90 y 120 CV, 66 a 88 kW): se han seleccionado los 69 modelos que figuran en la Base de Datos de Vehículos del IDAE para dicho rango de potencia.

Las emisiones medias en el caso de los turismos PHEV ascienden a 34,6 gramos de CO_2e por kilómetro recorrido (dato calculado directamente, a partir de las emisiones que se recogen en la Base de Datos de Vehículos del IDAE para cada uno de los 69 modelos considerados), mientras que las emisiones medias en el caso de los eléctricos puros (BEV) se han obtenido multiplicando el dato medio de consumo en kWh a los 100 km (15,22 kWh, para los 18 modelos seleccionados y consultados en la Base de Datos de Vehículos del IDAE) por las emisiones del mix eléctrico de consumo correspondiente a cada ciudad (según autonomía, datos proporcionados por REE). Se considera un escenario de máxima incertidumbre, donde el parque de turismos con etiqueta CERO se encuentra compuesto por un 50 % de turismos BEV y un 50 % de turismos PHEV, tal que las emisiones para turismos con este distintivo ambiental serán:

$$E_{CERO} = ½ \cdot (34,6 + 15,22 \cdot E_{mix\ autonómico} / 100)$$

Que como vemos es una función de variable única (depende del mix eléctrico considerado en cada caso). Esta última cuestión da lugar a grandes diferencias en las emisiones en función de la ciudad que se considere. El caso más favorable es el de Valladolid, donde las emisiones asociadas a turismos con esta etiqueta se reducen a 20 gCO_2e/km, mientras que el dato más desfavorable corresponde a Las Palmas de Gran Canaria, donde las emisiones para esta etiqueta alcanzan el valor de 59 gCO_2e/km (debido a las elevadas emisiones del sistema eléctrico canario).

Emisiones medias en turismo privado por kilómetro y pasajero (según ciudad)

Para conocer las emisiones por kilómetro y pasajero para el vehículo privado (recordando que se han considerado únicamente turismos, M1) según la ciudad considerada, es necesario emplear los siguientes datos:

- Las emisiones medias por distintivo ambiental: mientras que las emisiones medias para turismos con etiqueta ECO son las mismas en todo el territorio nacional (113,79 gCO2e/km), las emisiones medias para turismos con

etiquetas CERO, C, B, así como los que carecen de etiqueta, varían según la ciudad objeto y habrán de determinarse previamente según la proporción relativa de vehículos diésel y gasolina y el mix eléctrico (basta con seguir la formulación anteriormente argumentada).

- La proporción, en tanto por ciento, de turismos según distintivo medioambiental (CERO, ECO, C, B y sin distintivo). Este dato puede extraerse a partir del Anuario Estadístico General 2020 de la Dirección General de Tráfico (DGT), Tabla 81 - V.4.4 Parque de turismos por distintivo medioambiental. Año 2020 (página 103). Consultable en: https://www.dgt.es/export/sites/web-DGT/.galleries/downloads/dgt-en-cifras/publicaciones/Anuario_Estadistico_General/Anuario-Estadistico-General-2020_version-on-line.pdf.

- La ocupación media del vehículo privado: en la mayoría de los casos, el dato de ocupación media del vehículo privado aparece recogido en el PMUS (Plan de Movilidad Urbana Sostenible) desarrollado por cada ciudad. En otras ciudades, sin embargo, el dato aparece recogido en documentos ajenos al PMUS (EMEF, Enquesta de Mobilitat en Dia Feiner o Encuesta de Movilidad en Día Laborable, en el caso de Barcelona; informe LPA_GC Movilidad en transformación, en el caso de Las Palmas de Gran Canaria; y el Estudio de Movilidad de la Comunidad Autónoma del País Vasco, publicado cada cinco años, en el caso de las urbes vascas de Bilbao y Vitoria). Por último, existen ciertas ciudades que no aportan de forma alguna el dato de ocupación media. En estos casos, se ha tomado una ocupación media igual a 1,2 pasajeros por vehículo, siguiendo las recomendaciones que se recogen en la guía Factores de conversión en el cálculo de ahorro de energía y reducción de emisiones de CO2 elaborada por el IDAE para el plan MOVES Proyectos Singulares, 2021.

La expresión final que proporciona el dato de emisiones de GEI por km y pasajero para el turismo medio según ciudad es la siguiente:

$$E_{turismo\ privado} = [E_{CERO} \cdot P_{CERO} + E_{ECO} \cdot P_{ECO} + E_C \cdot P_C + E_B \cdot P_B + E_{SD} \cdot P_{SD}] / O_{media}$$

Donde E representa las emisiones medias de CO_2 equivalente según distintivo y provincia, P representa la proporción de vehículos según distintivo dentro del parque de turismos de cada provincia (en tanto por uno), y O_{media} es la ocupación media del vehículo privado en cada ciudad.

Determinación de las emisiones en el Transporte Público Colectivo por kilómetro y pasajero

Consideraciones previas

Determinar las emisiones medias asociadas al TPC por kilómetro y pasajero es siempre una empresa compleja, debido especialmente al ingente número de variables involucradas en el cálculo, la diversidad de administraciones encargadas de gestionar los servicios de TPC en las urbes, y la necesidad de que todas ellas aporten todos los datos necesarios en abierto sin que existan lagunas (en caso de existir, resulta necesario retrotraerse a ejercicios anteriores hasta encontrar un ejercicio que proporcione todos los datos requeridos, o en el peor de los casos, inferirlos estadísticamente a partir de los datos de otras urbes, lo cual es siempre poco deseable).

Por ello, el cálculo de las emisiones (expresadas en gramos de CO_2 equivalentes) por kilómetro y pasajero del Transporte Público Colectivo se realiza atendiendo a las siguientes limitaciones:

- Transporte por carretera: únicamente se contemplarán los servicios de autobús urbano, gestionados por las administraciones locales (ayuntamientos) a través de empresas municipales o mediante concesiones a empresas privadas.

- Transporte ferroviario: se contemplarán los servicios de Cercanías Renfe (incluyendo Rodalies de Catalunya, servicio ofrecido por Renfe Operadora pero dependiente de la Generalitat de Catalunya, a diferencia del resto de núcleos de Cercanías, que son competencia del MITMA), ferrocarril metropolitano (Madrid, Barcelona, Valencia, Palma de Mallorca y Bilbao) y Light Rail Transit (LRT, que engloba a los servicios de metro ligero y tranvía. Es importante señalar que la Ciudad de Sevilla es la única que cuenta con dos servicios de LRT: Metro de Sevilla y Metrocentro). No se contemplarán en el cálculo los servicios de Renfe Cercanías AM (ancho métrico, gestionados en el pasado por FEVE) ni los ferrocarriles autonómicos de cercanías (Euskotren Trena, Ferrocarrils de la Generalitat de Catalunya - FGC).

- Sistemas de transporte público urbano por barco (waterborne): no se contemplan en el cálculo, ya que ninguna de las ciudades objeto de estudio integra el transporte por barco dentro de su sistema de transporte público

urbano y/o metropolitano (como sí sucede, sin embargo, en ciudades europeas como Ámsterdam, Hamburgo o Estambul).

- Cálculo de la ocupación: en numerosas ocasiones, la ocupación suele calcularse como el cociente entre el número total de pasajeros transportados en un determinado sistema de TPC y el número total de expediciones realizadas por dicho sistema de TPC, en el período de un año (se obtiene así la ocupación global para dicho sistema de transporte, en viajeros por vehículo). Sin embargo, esta forma de proceder supone una sobreestimación de la ocupación real (en ocasiones, a través de este procedimiento de cálculo puede obtenerse una ocupación que supera el aforo de los vehículos empleados, lo cual resulta totalmente inconsistente con la realidad estudiada). Para paliar este efecto y obtener un dato real y fidedigno, la ocupación se calculará como el cociente entre el número de viajeros-km (resultado de multiplicar el número total de pasajeros por el trayecto medio, en km, que realiza cada pasajero) y el número de vehículos-km (resultado de multiplicar el número de expediciones realizadas por la distancia media, en km, recorrida por expedición). Resulta así un dato de ocupación que informa del número de pasajeros que viajan en un vehículo por cada kilómetro de trayecto, en promedio.

- Ausencia de datos: en muchos casos, las autoridades de transporte no proporcionan el dato de pasajeros-km o el dato de vehículos-km, o ambos. En estos casos, se considera válida la hipótesis que mantiene que la ocupación media por kilómetro (pasajeros/vehículo) permanece invariable con el tiempo. Esto permite emplear datos de ejercicios anteriores (donde ambos datos existan) sin incurrir en grandes errores.

Obtención de las emisiones medias del mix eléctrico autonómico de consumo

Antes de proceder al cálculo de las emisiones medias del mix eléctrico de consumo para cada autonomía, es necesario saber que el sistema eléctrico nacional se compone de tres sistemas eléctricos diferentes: el sistema eléctrico peninsular y el balear (conectados), y el sistema eléctrico de las Islas Canarias (independiente). De aquí se desprende que toda la energía eléctrica consumida en las Islas Canarias ha de producirse a nivel local (autosuficiencia energética), mientras que parte de la energía eléctrica consumida en las Islas Baleares se extrae del sistema peninsular. Además, es necesario tener en cuenta que mientras ciertas autonomías producen más energía eléctrica de la que consumen (como es el caso de Aragón, Castilla y León o Galicia, que son por tanto productores netos de energía eléctrica), otras autonomías no son

capaces de satisfacer su demanda eléctrica interna, por lo que necesariamente deben importar energía eléctrica de otras autonomías (caso de Madrid o País Vasco, que son por tanto consumidores netos de energía eléctrica).

A efectos de cálculo, se ha de tener en cuenta que Red Eléctrica Española (en adelante, REE) únicamente proporciona el dato de emisiones por tecnología para los tres sistemas eléctricos (peninsular, Baleares y Canarias). Por tanto, las emisiones medias del mix eléctrico de producción se pueden calcular de forma directa en el caso de las Islas Baleares y Canarias. Sin embargo, en el caso de las CC.AA. peninsulares es necesario considerar que las emisiones medias asociadas a cada tecnología son idénticas en todas ellas, e iguales a las emisiones medias que presenta cada tecnología en el sistema eléctrico peninsular. Para calcular las emisiones medias por tecnología en el S.E. Peninsular se determinará:

- La generación de energía eléctrica por tecnología (en GWh) en el S.E. Peninsular.
- Las emisiones totales por tecnología (tCO2e) en el S.E. Peninsular (teniendo en cuenta que las emisiones en el caso de las tecnologías sin emisiones de CO2e son iguales a 0).
- Las emisiones medias por tecnología en el S.E. Peninsular resultan de dividir las emisiones entre la generación (por tecnología) obteniendo el dato expresado en tCO2e/GWh por tecnología (téngase en cuenta que tCO2e/GWh equivale a kgCO2e/MWh).

El dato de generación de energía eléctrica es ofrecido por REE para todas las autonomías, desglosado por tecnología. Teniendo presente estas particularidades, el cálculo de las emisiones medias del mix eléctrico autonómico de consumo se realizará a partir de las siguientes variables:

- Generación total de energía eléctrica (MWh): suma de la generación de energía eléctrica por tecnología empleada en la generación, considerando tanto las tecnologías sin emisiones de CO2e (hidráulica, nuclear, hidroeólica, eólica, solar fotovoltaica, solar térmica, otras renovables, residuos renovables) como las tecnologías con emisiones de CO2e (carbón, fuel + gas, motores diésel, turbinas de gas, turbinas de vapor, ciclo combinado, cogeneración, residuos no renovables). Dato proporcionado por REE.

- Emisiones totales de la generación (kgCO2e): en el caso de las CC.AA. peninsulares, este dato se calcula sumando el producto de la generación por tecnología (MWh) por las emisiones medias por tecnología en el S.E. Peninsular (kgCO2e/MWh), obteniendo el dato final en kgCO2e; en el caso de los S.E. de Canarias y Baleares, este dato se obtiene sumando las emisiones por tecnología, en kgCO2e.

- Emisiones medias del mix eléctrico autonómico de generación (ECO2eGeneración): se obtiene de dividir las emisiones totales de la generación entre la generación de energía eléctrica total, obteniendo el dato final expresado en kgCO2e/MWh (1 kgCO2e/MWh equivale a 1 gCO2e/kWh) para cada autonomía y/o sistema eléctrico (en el caso de Canarias y Baleares).

- Demanda de energía eléctrica b.c. (en barras de central): dato proporcionado por REE para cada sistema eléctrico y cada autonomía, en MWh.

- Porcentaje de la demanda cubierta por autogeneración (DC, %): resulta de dividir la generación de energía eléctrica (MWh) entre la demanda de energía eléctrica b.c. (MWh), expresando el dato final en tanto por ciento, para cada sistema eléctrico y autonomía.

Las emisiones medias del mix eléctrico autonómico de consumo ($ECO_2e_{Consumo}$) vendrán entonces dadas por:

$$Si\ DC > 100\ \%: \quad ECO_2e_{Consumo} = ECO_2e_{Generación}$$

$$Si\ DC < 100\ \%: \quad ECO_2e_{Consumo} = DC \cdot ECO_2e_{Generación} + (100 - DC) \cdot ECO_2e_{Peninsular}$$

Siendo $ECO_2e_{Peninsular}$ las emisiones medias del mix eléctrico de generación calculadas para el sistema eléctrico peninsular. La última fórmula no es válida para las Islas Canarias, ya que son autosuficientes, además de no estar conectadas al S.E. Peninsular. Todos los datos necesarios tomados de REE corresponden al último ejercicio completo, 2021.

Como conclusión a este apartado, es importante destacar que las emisiones medias (gCO_2e/kWh) del mix eléctrico de consumo para cada comunidad autónoma no son solo necesarias para calcular las emisiones de GEI asociadas a los modos de transporte electrificados, sino que además presentan un gran impacto en su cálculo, ya que las

emisiones medias del mix eléctrico de consumo por autonomía dentro de España presenta una enorme variabilidad (las emisiones medias del mix eléctrico de consumo canario, el más contaminante -553 $kgCO_2e/MWh$-, son del orden de 14 veces superior a las del mix eléctrico castellano-leonés, de tan sólo 38 $kgCO_2e/MWh$).

Cercanías Renfe - Determinación de las emisiones de GEI por km y pasajero

Más de la mitad de las ciudades analizadas disfrutan de servicio de Cercanías Renfe: Madrid, Barcelona, Valencia, Sevilla, Zaragoza, Málaga, Murcia, Bilbao y Alicante (Murcia y Alicante están integradas en el mismo núcleo de Cercanías). De los núcleos de Cercanías anteriores, 5 se encuentran electrificados en su totalidad (Madrid, Barcelona, Zaragoza, Málaga y Bilbao), mientras que los tres núcleos restantes (Valencia, Sevilla y Murcia/Alicante) se encuentran parcialmente electrificados (con mención especial a las líneas de Cercanías que confluyen en Murcia, todas ellas sin electrificar).

Esta particularidad (la coexistencia dentro de un mismo núcleo de Cercanías de líneas electrificadas y sin electrificar) introduce un nuevo grado de complejidad en el cálculo de las emisiones, ya que en el caso de los automotores eléctricos las emisiones se calculan a partir del consumo medio en kWh/km y el mix eléctrico de consumo correspondiente, mientras que en el caso de los automotores diésel (líneas sin electrificar) el dato de emisiones se obtiene a partir del consumo medio de gasoil en litros/km y el factor de emisión para el gasóleo ferroviario que establece el MITERD. Para resolver el problema, se recurre a ponderar según el porcentaje de líneas electrificadas / sin electrificar.

El primer paso a la hora de determinar las emisiones por km y pasajero de los servicios de Cercanías Renfe ha sido conocer el consumo de los automotores eléctricos (en kWh/km) así como el consumo de combustible de los automotores diésel (en litros/km). Para poder interpolar valores en caso de resultar necesario, se ha recogido también la potencia de cada uno de ellos (en kW), además de la masa en vacío para tener un orden de magnitud. La tabla siguiente recoge todos los modelos de automotores eléctricos y diésel que opera Renfe Cercanías en los 8 núcleos analizados:

Modelo (numeración RENFE)	Fabricante	Potencia	Masa en vacío	Consumo por km
		kW	*t*	*kWh*
S-446	CAF-Macosa	2400	167	5,90
S-447	CAF-Siemens-Bombardier	2400	162	5,87
S-450	GEC-Alsthom	2960	350	7,24
S-451	GEC-Alsthom	1480	177	3,68
S-462	CAF-Siemens-Alstom	1270	80	3,17
S-463	CAF-Siemens-Alstom	1400	106	3,49
S-464	CAF-Siemens-Alstom	2100	132	5,11
S-465	CAF-Siemens-Alstom	2200	157	5,53

Tabla 8. Cercanías Renfe - Automotores eléctricos.
Elaboración propia.

Modelo (numeración RENFE)	Fabricante	Potencia	Masa en vacío	Consumo por km
		kW	*t*	*Litros*
S-592	Macosa-Ateinsa	840	131	1,24
S-598	CAF	1352	173	1,56
S-599	CAF	1400	157	1,70

Tabla 9. Cercanías Renfe - Automotores diésel.
Elaboración propia.

Los datos de consumo eléctrico señalados en rojo fueron calculados mediante el empleo de una recta de regresión lineal (empleando los datos de potencia y consumo relativos a las unidades eléctricas S-447, S-464 y S-465), conocida la potencia de cada unidad. La regresión lineal tuvo un R^2 igual a 0,938 (indicativo de un ajuste razonablemente bueno), siendo la ecuación de la recta obtenida la siguiente:

$$\text{Consumo (P)} = 0{,}00241 \cdot P + 0{,}111$$

Siendo P la potencia de la unidad eléctrica, en kilovatios.

Una vez conocido el consumo por kilómetro de las unidades en circulación (diésel y eléctricas) se procedió a calcular el consumo medio por kilómetro en cada núcleo de Cercanías analizado, a partir del tipo de unidades que se emplea en cada uno de ellos y el número de líneas por las que circulan. En la siguiente tabla de contingencia se representa el número de líneas en las que opera cada automotor en función de la ciudad analizada (por cuestiones prácticas, se ha dividido el núcleo de Cercanías Murcia-Alicante en dos núcleos, uno por ciudad):

Ciudad	446	447	450	451	462	463	464	465	592	598	599	Total
Madrid	8	3	5					8				24
Barcelona		4	1	1		2	2	5				15
Valencia		3					3		2			6 / 2
Sevilla	2					1	1	2		1		6 / 1
Zaragoza						1						1
Málaga							2					2
Murcia									2		2	4
Bilbao	3											3
Alicante		1							1		1	1 / 2

Tabla 10. Número de líneas en las que presta servicio cada automotor. Elaboración propia.

La columna total refleja la suma total del número de líneas por las que circula cada automotor. En caso de núcleos mixtos (es decir, núcleos de Cercanías parcialmente electrificados) el primer valor hace referencia a automotores eléctricos, y el segundo a automotores diésel (en el caso de Murcia, completamente sin electrificar, este valor hace referencia sólo a automotores diésel, como resulta lógico).

El consumo medio de los automotores eléctricos en cada ciudad (núcleo) podrá calcularse a través de la siguiente expresión:

$$C_{eléctrico} = \sum_i \frac{Nº\ líneas\ por\ las\ que\ circula\ el\ automotor\ eléctrico\ i}{Nº\ líneas\ por\ las\ que\ circula\ cada\ automotor\ eléctrico} \cdot C_{automotor\ eléctrico\ i}$$

Donde C representa el consumo, expresado en kWh/km. Para ilustrarlo con un ejemplo, tomaremos el caso de Valencia: la serie 447 opera en tres líneas y la serie 464 en 3 también (50 % cada una). Por consiguiente, el consumo medio por automotor eléctrico en Valencia será, aplicando la formulación anterior:

$$C_{eléctrico} = 0{,}5 \cdot 5{,}87 + 0{,}5 \cdot 5{,}11 = 5{,}49\ kWh/km$$

El procedimiento empleado para el cálculo del consumo medio de los automotores diésel en las ciudades que cuentan con líneas sin electrificar es análogo al descrito para automotores eléctricos:

$$C_{diésel} = \sum_i \frac{Nº\ líneas\ por\ las\ que\ circula\ el\ automotor\ diésel\ i}{Nº\ líneas\ por\ las\ que\ circula\ cada\ automotor\ diésel} \cdot C_{automotor\ diésel\ i}$$

Siguiendo con el ejemplo de Valencia, sólo hay un automotor diésel que opere en este núcleo de Cercanías (en las dos líneas sin electrificar que existen). Por tanto, el consumo medio por automotor diésel será igual al consumo por km de la serie 592 de Renfe: 1,24 litros.

Las emisiones medias de GEI para automotores eléctricos en cada ciudad pueden calcularse fácilmente multiplicando el consumo medio de los automotores eléctricos en dicha ciudad (en kWh/km) por las emisiones medias del mix eléctrico de consumo correspondiente (en gCO_2e por kWh). Las emisiones medias de GEI para automotores diésel en cada ciudad, a su vez, pueden calcularse de forma sencilla multiplicando el consumo medio de los automotores diésel para dicha ciudad por el factor de emisiones publicado por el MITERD (Versión 22, Julio de 2022), que para el gasóleo ferroviario adopta el valor 2683 gCO_2e por litro. Tomando de nuevo el ejemplo de Valencia (el mix eléctrico de consumo de la Comunitat Valenciana emite 116 gramos de CO_2 equivalente por cada kWh), las emisiones para ambos tipos de automotor serán:

$$E_{automotor\ eléctrico} = 5{,}49 \cdot 116 = 637\ gCO_2e/km$$

$$E_{automotor\ diésel} = 1{,}24 \cdot 2683 = 3327\ gCO_2e/km$$

Una vez halladas las emisiones medias para los automotores eléctricos y diésel en cada ciudad dotada de red de Cercanías, se procede a determinar las emisiones por tren y kilómetro recorrido. Para ello, y a falta de datos suficientes para poder emplear un cálculo más preciso, se acepta la hipótesis que mantiene que oferta y demanda son homogéneas en todas las líneas que constituyen la red de Cercanías de una ciudad, de modo que las emisiones dependerán del número de líneas electrificadas versus el número de líneas sin electrificar. Si llamamos Cuota de Electrificación (C.E.) al porcentaje de líneas de Cercanías que se encuentran electrificadas en una determinada ciudad, entonces las emisiones de GEI por tren y km para dicha ciudad serán:

$$E_{tren \cdot km} = [C.E. \cdot E_{automotor\ eléctrico} + (100\text{-}C.E.) \cdot E_{automotor\ diésel}]/100$$

En el caso de las redes de Cercanías de Madrid, Barcelona, Zaragoza, Málaga y Bilbao el 100 % de las líneas están electrificadas, lo que supone una cuota de electrificación del 100 %. En el caso de Valencia, 3 de 5 líneas están electrificadas; en Sevilla, 3 de 4 líneas; en Alicante, 1 de 2 líneas; y en Murcia ninguna presenta electrificación. Por tanto, las cuotas de electrificación para dichas ciudades serán del 60, 75, 50 y 0 %, respectivamente. Volviendo al ejemplo anterior planteado para Valencia, con una cuota de electrificación del 60 %, las emisiones por tren y km recorrido serán:

$$E_{tren \cdot km} = [60 \cdot 637 + 40 \cdot 3327] / 100 = 1713\ gCO_2e/km$$

Para conocer las emisiones del sistema de Cercanías en cada ciudad por km y pasajero sólo falta calcular la ocupación media por kilómetro, que se calcula como sigue:

$$O_{media\ por\ km} = \text{pasajeros-km} / \text{trenes-km}$$

Ambos datos (pasajeros-km y trenes-km) pueden consultarse en el último informe publicado por el Observatorio de la Movilidad Metropolitana - OMM (Julio de 2021): se trata del *Informe anual 2019 - Avance 2020 del OMM*, que puede consultarse en el siguiente enlace (datos extraídos de las Tablas 6 y 12 del mismo): https://observatoriomovilidad.es/informes/. Es importante señalar que en el caso del Núcleo de Cercanías compartido entre Murcia y Alicante fue necesario retrotraerse varios años, hasta el informe anual de 2015 del OMM, para poder tener datos (a partir de 2016 dicho Núcleo de Cercanías dejó de reportar datos). Además, es necesario tener en cuenta que a pesar de que hablemos de trenes-km, el dato que se ha de

tomar de la citada Tabla 12 del Informe de 2019 es km-rama (ya que un tren puede estar formado por varias ramas acopladas, es decir, ser la suma de varias composiciones). Tomando una vez más el ejemplo propuesto para valencia, con 534.500.000 pasajeros-km y 6.930.000 trenes-km, la ocupación media por kilómetro en la Red de Cercanías de la capital del Turia será:

$$O_{\text{media por km}} \text{ (Valencia)} = 534.500.000 / 6.930.000 = 77{,}13 \text{ pasajeros/tren}$$

El dato de emisiones de CO_2e por km y pasajero, expresado en gramos, para el servicio de Cercanías de cada una de las ciudades analizadas, se obtiene de forma directa por aplicación de la siguiente expresión:

$$E_{\text{por km y pasajero}} = E_{\text{tren·km}} / O_{\text{media por km}}$$

Volviendo al ejemplo anterior, tomado para Valencia, donde cada tren (composición) emite 1713 gCO_2e por cada kilómetro recorrido y la ocupación media por tren y kilómetro es de 77,13 pasajeros, podremos decir que en valencia cada pasajero emite un total de 22,22 gCO_2e por km recorrido al usar el servicio de Cercanías local.

A nivel general, en España, en las redes de Cercanías Renfe que se encuentran electrificadas en su totalidad (Madrid, Barcelona, Zaragoza, Málaga y Bilbao) la media de emisiones se sitúa en **13,2 gramos de CO_2e por km y pasajero**. Este dato aumenta de forma considerable en los núcleos de Cercanías Renfe que no se encuentran totalmente electrificados (Valencia, Sevilla y Murcia-Alicante), donde la media de emisiones por pasajero y km asciende a **32,7 gramos de CO_2e** (cerca de tres veces más), poniendo de manifiesto la necesidad de completar el proceso de electrificación de todas las redes de Cercanías del país. Barcelona es la ciudad cuya red de Cercanías emite menos (5,48 gramos de CO_2e por km y pasajero), a pesar de que Cercanías Málaga es la red con mayor ocupación media por km de todo el país con 135,17 pasajeros por tren (el mix eléctrico andaluz, no demasiado limpio, impide que Málaga tome la primera posición). En el lado opuesto se sitúa Cercanías Murcia (sin líneas electrificadas), donde las emisiones alcanzan los 51,25 gCO_2e por km y pasajero.

Ferrocarril metropolitano

En España, sólo 5 ciudades disponen de servicio de ferrocarril metropolitano (o metro): Madrid, Barcelona, Valencia, Palma y Bilbao (las cinco ciudades con servicio de metro presentes en nuestro país se encuentran precisamente incluidas en el conjunto de ciudades analizadas). Las redes de ferrocarril metropolitano existentes en nuestro país se encuentran totalmente electrificadas.

A diferencia de otros modos ferroviarios, donde el material rodante empleado es el mismo en diversas ciudades (como sucede por ejemplo en las redes de Cercanías gestionadas por Renfe o en las redes de LRT o Light Rail Transit), las unidades eléctricas empleadas en los diferentes servicios de ferrocarril metropolitano que existen en España presentan una variabilidad mucho mayor, lo que supone todo un reto metodológico a la hora de determinar el consumo eléctrico medio del material rodante en cada ciudad.

No obstante, en su Capítulo 11 (destinado al transporte urbano de viajeros), el *Anuario Estadístico 2019* del MITMA recoge el consumo de energía eléctrica de tracción (en millones de kWh) para cada sistema de ferrocarril metropolitano (a excepción de Palma). Del mismo documento puede extraerse el dato correspondiente a trenes-km (para Madrid, Barcelona, Valencia y Bilbao), lo cual permite estimar el consumo eléctrico medio por tren y kilómetro mediante el cociente de ambos valores, tal que:

$$C_{\text{eléctrico medio}} = E_{\text{tracción}} \text{ / trenes-km}$$

Donde C representa el consumo eléctrico y E la energía consumida. En el caso de Madrid, por ejemplo, el consumo de energía eléctrica de tracción de su servicio de ferrocarril metropolitano en 2019 fue de 376.200.000 kWh, mientras que los trenes-km fueron 37.432.200. Por tanto, el consumo eléctrico medio por tren y km en el ferrocarril metropolitano madrileño ascendió a 10,05 kWh (aplicando la misma metodología se llega al consumo eléctrico medio para las demás redes de metro analizadas). En el caso del Metro de Palma, los datos necesarios a nivel de cálculo no han sido aportados durante varios ejercicios. Por tanto, en el caso de la capital balear, resulta necesario retrotraerse hasta el año 2016 para encontrar datos útiles, publicados en la Base de Datos del Observatorio del Transporte y la Logística en España (OTLE), los cuales pueden consultarse a través del siguiente enlace: https://apps.fomento.gob.es/BDOTLE/visorBDpop.aspx?i=470.

El cálculo de la ocupación media por kilómetro se realiza siguiendo un procedimiento análogo al aplicado en el resto de los modos de transporte público colectivo, según el cual la ocupación media por kilómetro es el valor obtenido a partir del cociente entre los viajeros-km y los trenes-km. Los datos de pasajeros-km y trenes-km se han obtenido a partir del Anuario Estadístico 2019 del MITMA (capítulo 11, para Madrid, Barcelona, Valencia y Bilbao), a excepción de Palma (donde se recurrió a los datos recogidos en la Base de Datos del OTLE correspondientes al ejercicio 2016). Volviendo a plantear el caso de Madrid (4.520.800.000 pasajeros-km y 37.432.200 trenes-km), se obtuvo una ocupación media por tren y kilómetro de 120,77 pasajeros.

El cálculo final de las emisiones de GEI por kilómetro y pasajero se efectúa en función del mix eléctrico de consumo de la autonomía que corresponda (por tratarse de un modo ferroviario 100 % electrificado), a partir de la fórmula siguiente:

$$E_{\text{por km y pasajero}} = E_{\text{mix eléctrico}} \cdot C_{\text{eléctrico medio}} / O_{\text{media por km}}$$

Donde E se refiere a las emisiones (expresadas siempre en gramos de CO_2e), C es el consumo eléctrico en kWh/km y O es la ocupación media por kilómetro, expresada en pasajeros. Retomando el ejemplo de Madrid, cuyo Metro presenta un consumo eléctrico medio de 10,05 kWh/km por tren y una ocupación media por km de 120,77 pasajeros por tren, y considerando el dato de emisiones correspondiente al mix eléctrico de la Comunidad de Madrid (125 gCO_2e por kWh), puede afirmarse que cada pasajero emite 10,40 gramos de CO_2e por cada kilómetro recorrido al usar el metro.

En general, el ferrocarril metropolitano en España emite una media de **12,1 gramos de CO_2e por kilómetro y pasajero** (se ha prescindido del dato de Palma, que por tratarse de un valor atípico tiene gran influencia sobre la media, y es poco representativo de la muestra). El dato más reducido de emisiones corresponde a la ciudad de Madrid (10,4 gramos de CO_2e por km y pasajero), gracias sobre todo a la elevada ocupación y al mix eléctrico de consumo autonómico (que pese a no ser el más limpio a nivel nacional, es de los menos contaminantes). El caso de Bilbao resulta paradójico, y un síntoma claro de cómo un mix eléctrico desfavorable puede echar por tierra un buen dato de ocupación media: a pesar de que el Metro de Bilbao cuenta con la ocupación media más alta entre los ferrocarriles metropolitanos españoles (134,18 pasajeros por unidad móvil), las emisiones por km y pasajero alcanzan los 14,81 gCO_2e (el segundo peor dato, aunque a gran distancia de Palma) debido a un mix eléctrico relativamente contaminante (País Vasco, 200 gCO_2e/kWh). El peor caso es sin duda el de Palma: se debe fundamentalmente a la baja ocupación media (22,50 pasajeros por tren), y en menor medida al mal dato del mix eléctrico (el mix balear es muy contaminante, con 388 gCO_2e emitidos por kWh).

LRT - Determinación de las emisiones de GEI por km y pasajero

De las 16 ciudades españolas analizadas, 11 ciudades (69 %) cuentan con sistemas de Light Rail Transit (LRT): Madrid (Metro Ligero de Madrid), Barcelona (Tram de Barcelona, que reúne a TramBaix y TramBesòs), Valencia (líneas 4, 6, 8 y 10 de MetroValencia), Sevilla (única ciudad con dos sistemas diferentes de LRT, Metro de Sevilla y Metrocentro, siendo éste último gestionado a nivel municipal por TUSSAM), Zaragoza (Tranvía de Zaragoza), Málaga (Metro de Málaga), Murcia (Tranvía de

Murcia), Bilbao (Bilboko Tranbia / Tranvía de Bilbao), Alicante (TRAM Metropolitano de Alicante), Vitoria (Gasteizko Tranbia / Tranvía de Vitoria) y Granada (Metropolitano de Granada).

En el caso de los sistemas de LRT mencionados, la determinación del consumo medio por vehículo resulta relativamente sencilla, ya que el material rodante empleado es muy similar en todos ellos. En la tabla a continuación se muestran tanto la potencia (kW) como el consumo medio (kWh/km) para cada modelo utilizado:

Modelo	Potencia	Consumo medio	Utilizado en
	kW	*kWh/km*	
CAF Urbos 1	400	3,50	Bilbao
CAF Urbos 2	488	3,50	Sevilla, Bilbao, Vitoria
CAF Urbos 3	720	3,93	Sevilla, Zaragoza, Málaga, Granada
Alstom Citadis 302	480	3,18	Madrid, Barcelona, Murcia
Bombardier Flexity Outlook	420	3,70	Valencia, Alicante

Tabla 11. LRT - potencia y consumo según modelo.
Elaboración propia.

De cara al cálculo de la ocupación media por kilómetro, los datos de viajeros-km y vehículos-km (o trenes-km) que se precisan proceden de los Informes anuales que publica el Observatorio de la Movilidad Metropolitana (OMM), los cuales pueden ser también consultados digitalmente a través de la Base de Datos del Observatorio del Transporte y la Logística en España (OTLE, https://observatoriotransporte.mitma.es/), que traspone los datos publicados por el OMM. Los datos analizados corresponden al año 2019 (para evitar posibles sesgos relacionados con las restricciones en el TPC a raíz de la pandemia de COVID-19). Conocidos ambos datos, el cálculo de la ocupación media por kilómetro se realizará a través de la siguiente expresión:

$$Ocupación\ media\ por\ km\ (pasajeros/vehículo) = \frac{Pasajeros - km\ (pkm)}{Vehículos - km\ (vkm)}$$

Es preciso señalar que en el caso de los Tranvías de Bilbao y Vitoria el dato de vehículos-km se extrajo directamente de la *Memoria Euskotren 2019* (ya que ambos servicios son gestionados por dicha entidad vasca), mientras que el dato de pasajeros-

km pudo inferirse a partir de la intensidad energética (dato recogido en la citada memoria).

> ***Nota metodológica**:* en el caso del Tranvía de Bilbao, la Memoria Euskotren 2019 indica una intensidad energética de 235,58 kWh/Mvkm (miles de viajeros-km), igual a 0,23558 kWh por cada viajero-km. Sabiendo que el Tranvía de Bilbao opera unidades CAF Urbos 1 y 2 (ambas con un consumo medio de 3,50 kWh/km), la ocupación media por kilómetro puede obtenerse dividiendo el consumo medio en kWh/km entre la intensidad energética por km y pasajero (en kWh/km·pas), es decir, 3,50 entre 0,23558, lo que nos proporciona una ocupación media por kilómetro de 14,86 pasajeros por vehículo. De forma análoga puede determinarse la ocupación media por km en el caso del Tranvía de Vitoria.

Otro caso particular es el del Tranvía de Murcia. Los datos de pasajeros-km y vehículos-km no se encuentran publicados en los informes emitidos por el OMM (y por tanto, tampoco están publicados en la base de datos del OTLE). En su lugar, ambos datos pudieron inferirse a partir de la información que aparece en el portal oficial del Tranvía de Murcia (https://www.tranviademurcia.es/eficiencia-energetica/), donde se cita el número total de kilómetros recorridos desde su puesta en funcionamiento y las emisiones de GEI por pasajero y km, datos que permiten, operando adecuadamente, obtener los pasajeros-km y vehículos-km.

También en el caso del Metropolitano de Granada fue necesario recurrir a una base de datos diferente a los informes anuales del OMM (ya que en ellos no aparece el dato de pasajeros-km para este servicio de LRT). En esta ocasión, la información se pudo obtener de forma directa a partir del *Anuario Estadístico 2019 del MITMA, Capítulo 11 (transporte urbano de viajeros)*. Puede consultarse en https://www.mitma.gob.es/recursos_mfom/paginabasica/recursos/11transpurbano_19.pdf.

Finalmente, las emisiones por km y pasajero asociadas a los servicios de LRT se calculan dividiendo el consumo medio de energía eléctrica del material rodante empleado (en kWh/km), por vehículo, entre la ocupación media por km, expresada en pasajeros por vehículo (se obtiene así el consumo medio de energía eléctrica por km y pasajero, en kWh/km·pas), y multiplicando finalmente por las emisiones del mix eléctrico autonómico de consumo (expresado en gCO_2e/kWh). Se obtienen así las emisiones por km y pasajero, cuyas unidades son $gCO_2e/km·pas$. La formulación seguida es la que aparece a continuación:

$$Emisiones_{\,por}\ km\ y\ pasajero = \frac{Consumo\ medio\ (kWh/km)}{Ocupación\ media\ (pas/vehículo)} \cdot ECO2e\ (autonomía)$$

Cabe destacar que el Metropolitano de Granada es el servicio de LRT con menores emisiones por km y pasajero (4,1 gCO_2e), que es precisamente el servicio de LRT con mayor ocupación media por km (148 pasajeros por vehículo). En el lado opuesto se sitúa el Metro Ligero de Madrid, que emite 52,5 gCO_2e por km y pasajero (es el servicio de LRT más contaminante) y es, precisamente, el servicio de LRT con menor ocupación media por km (7,6 pasajeros por vehículo). Estos datos ponen de relieve el fuerte impacto que tiene la ocupación media en las emisiones asociadas a los ferrocarriles ligeros (al igual que sucede en el resto de los modos de TPC estudiados). El mix eléctrico autonómico provoca diferencias algo más sutiles, pero no por ello menos relevantes. No en vano, pese a que los Tranvías de Zaragoza y Vitoria presentan ocupaciones medias muy similares (19,8 y 18,2 pasajeros por vehículo, respectivamente), sus emisiones por km y pasajero son enormemente diferentes (el Tranvía de Vitoria emite 38,5 g de dióxido de carbono por kilómetro y pasajero, frente a los 15,9 del Tranvía de Zaragoza, casi dos veces y media más).

Para el conjunto de ciudades estudiadas, las emisiones medias asociadas a los servicios de LRT (en promedio) fueron de 22,9 gCO_2e, con una desviación estándar de 15,9 gCO_2e (por km y pasajero). El coeficiente de variación C_v que se obtiene es del 69,4 %. Al ser superior al 30 %, sólo podemos afirmar que los datos presentan una gran heterogeneidad, y que por tanto la media calculada puede no ser un parámetro suficientemente representativo.

Autobús urbano

Como resulta evidente, todas las ciudades analizadas cuentan con su propio sistema de autobús urbano, gestionado en general por entidades municipales (a excepción de Barcelona, donde los autobuses urbanos son operados de forma directa por TMB, dependiente del AMB - Área Metropolitana de Barcelona, una entidad de carácter supramunicipal, y Zaragoza, donde los autobuses urbanos están gestionados por una empresa concesionaria privada, Avanza). Estas entidades municipales son: EMT Madrid, EMT Valencia, TUSSAM (Sevilla), EMT Málaga, TMurcia, EMT Palma, Guaguas Municipales (Las Palmas de Gran Canarias), BilboBus, MATUSA/Vectalia (Alicante), AUCORSA (Córdoba), AUVASA (Valladolid), TUVISA (Vitoria), Tranvías da Coruña y Transportes Rober (Granada).

Uno de los principales retos que plantea la cuantificación de las emisiones debidas al autobús urbano es la enorme heterogeneidad de las flotas municipales de autobuses, no sólo entre ciudades, sino también dentro de una misma flota municipal (donde pueden encontrarse autobuses de diferentes tamaños y consumos incluso para un mismo combustible). Un cálculo preciso de las emisiones supondría, por consiguiente, conocer de primera mano los consumos a los 100 km de cada uno de los modelos de autobús empleados en las flotas municipales, una ardua tarea dado el gran volumen de modelos diferentes. Para salvar este obstáculo, se han propuesto las siguientes limitaciones:

- Se considera un tamaño de autobús estándar, de 12 metros de longitud, por ser el más frecuente en las distintas flotas municipales (también son frecuentes los autobuses articulados de 18 metros, pero presentan un menor peso en relación a los autobuses convencionales de 12 metros. Por su parte, los microbuses y modelos más compactos suelen tener una representación pequeña dentro de las flotas municipales).

- Se han considerado los siguientes tipos de propulsión: diésel (convencionales), gas natural comprimido (GNC), gases licuados de petróleo (GLP o autogas), híbridos diésel y eléctricos puros (BEB, battery electric bus).

- Para cada modo de propulsión, se han adoptado valores medios de consumo 'redondos' (es decir, obviando cifras decimales, para tener en cuenta la gran variabilidad de los datos, resultado de la elevada cantidad de modelos existentes), basados en estudios reales. Téngase en cuenta que el dato de consumo vendrá expresado en litros a los 100 km (para diésel, GLP e híbridos diésel), kg a los 100 km (para GNC), o kWh a los 100 km (BEB).

En la tabla que figura a continuación se muestran los consumos medios (litros a los 100) que se han contemplado en el cálculo de las emisiones para cada modo de propulsión, así como los factores de emisión para cada combustible (según la Versión 22 del Inventario de Emisiones del MITERD, a fecha de julio de 2022) y las emisiones por kilómetro y vehículo para cada tecnología de propulsión (en gCO_2e). En el caso de los autobuses eléctricos puros o BEB no se indica el dato del factor de emisión ni el de las emisiones, ya que depende exclusivamente del mix eléctrico de consumo correspondiente a cada ciudad.

Modo de propulsión	Consumo	Factor de emisión	Emisiones
	Uds. a los 100 km	*gCO_2e/ud.*	*gCO_2e/km*
Gasóleo B7 convencional (litros)	54	2517	1359
GNC (kg)	60	2798	1679
GLP (litros)	43	1747	751
Híbrido gasóleo (litros)	33	2517	831
BEB (kWh)	120	Mix eléctrico	Mix eléctrico

Tabla 12. Consumo y emisiones por autobús medio de 12 metros.
Elaboración propia.

Téngase en cuenta que los factores de emisión tomados corresponden a camiones y autobuses (N2, N3, M2, M3). En el caso del autogas o GLP, sólo se proporciona el factor de emisión correspondiente a turismos M1, por lo que se ha tomado dicho valor. No obstante, es importante tener en cuenta que la variación entre el factor de emisión de un cierto combustible para camiones y autobuses y el factor de emisión de dicho combustible para turismos es ínfimo: en el caso de la gasolina E5, el factor de emisión es de 2250 gCO_2e por litro para turismos M1 y 2254 gCO_2e por litro para camiones y autobuses (sólo un 0,18 % más); en el caso del gasóleo B7, el factor de emisión es de 2520 gCO_2e por litro para turismos M1 y 2517 gCO_2e por litro para camiones y autobuses (sólo un 0,12 % menos). Es decir, a efectos prácticos, puede considerarse que el factor de emisiones de un combustible dado es el mismo para turismos M1 y autobuses (M2 y M3).

Una de las primeras conclusiones que pueden extraerse a partir de las emisiones calculadas por autobús de 12 metros y km recorrido es que, al contrario de lo que pueda pensarse, las flotas municipales de autobuses con un elevado porcentaje de autobuses de gas natural (como sucede en Madrid y Sevilla, donde alrededor del 75 % de la flota se compone de autobuses propulsados por GNC, y especialmente Murcia, donde el porcentaje es del 100 %) van a emitir una cantidad muy superior de gramos de CO_2 equivalente. Esto se debe a que estamos contemplando la imagen únicamente desde el punto de vista del cambio climático: sí, ciertamente la combustión de gas natural comprimido contribuye al cambio climático más que la combustión del gasóleo o la gasolina, pero a diferencia de estos últimos, la combustión de GNC no emite ciertos contaminantes, como por ejemplo óxido nitroso (N_2O).

Conocidas las emisiones de GEI por kilómetro y autobús estándar de 12 metros según el tipo de combustible considerado, pueden calcularse las emisiones medias por autobús (estándar de 12 metros) conociendo la composición de la flota municipal de autobuses urbanos de cada ciudad. La formulación es la siguiente:

$$E_{medias} = [E_{gasóleo\ B7} \cdot P_{gasóleo\ B7} + E_{GNC} \cdot P_{GNC} + E_{GLP} \cdot P_{GLP} + E_{híbrido} \cdot P_{híbrido} + E_{BEB} \cdot P_{BEB}] / 100$$

Donde E representa las emisiones de GEI por autobús estándar y kilómetro (para cada tipo de combustible) y P representa el porcentaje de autobuses dentro de la flota municipal según modo de propulsión. Los datos obtenidos demuestran que la flota municipal de autobuses urbanos con menores emisiones es la de Valladolid (960 gCO_2e por autobús y km recorrido), lo que se debe fundamentalmente a la elevada proporción de autobuses a GLP que presenta la flota. Del lado contrario se sitúa Murcia, cuyos autobuses urbanos emiten 1679 gCO_2e por cada kilómetro recorrido (debido, fundamentalmente, a que la totalidad de la flota está compuesta por autobuses propulsados por GNC, que como ya se ha indicado, son los que más peso tienen a nivel de cambio climático).

El cálculo de la ocupación media por km en cada servicio de autobús urbano se llevó a cabo dividiendo el dato de pasajeros-km (también denominado viajeros-km) entre el dato de vehículos-km en cada ciudad. Ambos datos, así como el dato correspondiente de viajeros totales (también denominado 'viajes-línea' en la nomenclatura propia empleada históricamente por el Ministerio de Fomento y, como sucesor natural, por el MITMA), fueron obtenidos a partir de las siguientes fuentes de información:

- Informe OMM 2019 - Avance 2020: permitió la obtención de los datos correspondientes a las ciudades de Madrid, Barcelona, Sevilla, Málaga y A Coruña. El dato de pasajeros totales procede de la Tabla 5 (viajes-línea), los pasajeros-km provienen de la Tabla 6, y los vehículos-km fueron obtenidos a partir de la Tabla 11.

- Informe OMM 2018: permitió la obtención de los datos correspondientes a la ciudad de Palma de Mallorca. El dato de pasajeros totales se obtuvo de la Tabla 5, el dato de pasajeros-km procede de la Tabla 6, y el dato de vehículos-km se encuentra en la Tabla 11.

- Informe OMM 2016: permitió la obtención de los datos correspondientes a la ciudad de Valencia. El dato de pasajeros totales figura en la Tabla 5, el dato de pasajeros-km procede de la Tabla 6, y el dato de vehículos-km se obtuvo a partir de la Tabla 11.

- Informe OMM 2014: permitió la obtención de datos correspondientes a la ciudad de Alicante. El dato de pasajeros totales aparece en la Tabla 5, el dato de pasajeros-km en la Tabla 6, y el dato de vehículos-km en la Tabla 11.

- Informe OMM 2010: permitió la obtención de datos correspondientes a la ciudad de Murcia. El dato de pasajeros totales se obtuvo a partir de la Tabla 5, el dato de pasajeros-km de la Tabla 6, y el dato de vehículos-km procede de la Tabla 13.

- Informe OMM 2009: permitió la obtención de los datos correspondientes a la ciudad de Zaragoza. El dato de pasajeros totales se extrajo de la Tabla 7 (viajes-línea), el dato de pasajeros-km se obtuvo de la Tabla 8, y el dato de vehículos-km procede de la Tabla 15.

- Informe OMM 2005: permitió conocer el dato de pasajeros-km para la ciudad de Bilbao (Tabla 7). Los datos de pasajeros totales y vehículos-km para la capital vizcaína se recopilaron a partir de la Base de Datos del OTLE.

En todas estas ciudades (Madrid, Barcelona, Valencia, Sevilla, Zaragoza, Málaga, Murcia, Palma, Bilbao, Alicante y A Coruña) ha sido posible calcular la ocupación media de los autobuses urbanos por km al conocer los dos datos necesarios (pasajeros-km y vehículos-km), aunque en algunos casos haya sido necesario retrotraernos en el tiempo hasta tomar datos incluso de 2005, anteriores a la crisis económica de 2008 (este extremo sólo se dió en el caso de Bilbao).

Sin embargo, la falta de un dato esencial (el dato de pasajeros-km) ha impedido el cálculo directo de la ocupación media de los autobuses urbanos en cinco de las 16 ciudades estudiadas (Las Palmas, Córdoba, Valladolid, Vitoria y Granada). En estos cinco casos, ha sido necesario inferir este dato estadísticamente a partir de otros datos existentes, recopilando el dato de pasajeros totales, vehículos-km y la longitud media de las líneas de los correspondientes servicios de autobús urbano por las siguientes vías:

- En el caso de Las Palmas de Gran Canaria, los datos relativos a pasajeros totales y vehículos-km se recogieron de la Base de Datos del OTLE (datos de 2012), mientras que la longitud media de las líneas operadas por Guaguas Municipales se pudo obtener del Informe OMM 2012, Tabla 8.

- En el caso de Córdoba, los datos relativos a pasajeros totales, vehículos-km y longitud media de las líneas de la red de autobuses urbanos de AUCORSA se extrajeron del Informe de Gestión AUCORSA 2017 (con datos de ese año).

- En el caso de Valladolid, los datos se obtuvieron a partir del Informe OMM 2019-Avance 2020 (pasajeros totales a partir de la Tabla 5, longitud media de las líneas gestionadas por AUVASA a partir de la Tabla 8, y vehículos-km a partir de la Tabla 11).

- En el caso de Vitoria, los datos de pasajeros totales y vehículos-km se obtuvieron a partir de las Cuentas Anuales - Informe de Gestión TUVISA 2016 (datos de dicho ejercicio). La longitud media de las líneas de autobús urbano operadas por TUVISA se obtuvo a partir del Estudio de detalle - Implantación de la red de autobuses en la fase 1 del PMS (BCN Ecología, Ayuntamiento de Vitoria-Gasteiz y TUVISA).

- En el caso de Granada, los datos se obtuvieron a partir del Informe OMM 2018 (dato de pasajeros totales de la Tabla 5, longitud media de las líneas de la Tabla 8 y vehículos-km de la Tabla 11).

El proceso de inferencia estadística para obtener el número de pasajeros-km en estas cinco ciudades donde el dato no se encuentra publicado consistió en estimar la longitud media de los trayectos que realizan los usuarios como función de la longitud media de las líneas de autobús urbano en cada ciudad, asumiendo las dos hipótesis siguientes:

- Cuanto mayor es el peso del autobús urbano en el reparto modal del transporte público colectivo (lo cual indica que no existen alternativas de TPC al autobús urbano o que las que existen no son demasiado eficientes), mayor será la longitud de los trayectos medios realizados por los usuarios en relación a la longitud media de las líneas de autobús urbanos (ya que no existen otras alternativas más rápidas o eficientes como el metro que permitan al usuario recorrer los trayectos más largos en un modo de transporte público colectivo diferente del autobús urbano).

- Cuanto mayor es la longitud media de las líneas de autobús urbano, menor es el porcentaje que supone el trayecto medio realizado por los usuarios en relación a la longitud media de las líneas (ya que, en líneas generales, los trayectos que efectúan los pasajeros suelen responder a desplazamientos concretos, a pesar de que la longitud de una línea de autobús aumente.

Por tanto, para llevar a cabo este proceso de inferencia, son necesarios dos datos fundamentales: el trayecto medio realizado por los pasajeros (en km) y la longitud media de las líneas de autobús urbano de una determinada ciudad (en km). La longitud del trayecto medio puede calcularse dividiendo el dato de pasajeros-km entre el dato de pasajeros totales (se obtiene un dato final expresado en km). La longitud media de las líneas de autobús urbano es un dato que se obtiene de forma directa consultando las fuentes anteriormente citadas. Por tanto, la labor de inferencia sólo puede realizarse en las 11 ciudades donde el dato pasajeros-km es conocido. Para ampliar el tamaño muestral, se recurrió a otras ciudades que no forman parte del estudio (Vigo, Pamplona, Donostia-San Sebastián, León y Cádiz). Finalmente, la relación entre la longitud del trayecto medio efectuado por los usuarios y la longitud media de las líneas de autobús urbano se expresa mediante el cociente de ambos valores expresado en porcentaje.

Aplicando este procedimiento de inferencia estadística, se detectaron tres rangos de reparto modal (peso del autobús urbano comprendido entre el 0 y 60, el 60 y el 80, y el 80 y el 100 % del reparto modal del TPC) y tres franjas de longitudes medias de líneas (10 a 15 km, 15 a 25 km, y finalmente 25 a 30 km). Creando diferentes bloques, se calculó la relación (ratio) promedio entre trayecto y longitud media (en %), además de indicar la desviación estándar y el coeficiente de variación para cada caso (una forma de conocer la representatividad de los parámetros que se van a usar para la inferencia estadística de otras variables). En la tabla a continuación se muestran los resultados obtenidos:

Ciudades	Rango reparto modal TPC	Rango longitud media líneas	Ratio trayecto / longitud línea	SD	CV
	%	km	%	%	%
Barcelona Bilbao	10 - 60	10 - 15	20,9	3,1	15,1
Madrid Valencia Alicante	10 - 60	15 - 25	14,1	0,9	6,2
Sevilla Zaragoza Málaga Murcia	60 - 80	15 - 25	29,6	15,0	50,7
Donostia-SS León Cádiz	80 - 100	10 - 15	50,9	1,4	2,8

Ciudades	Rango reparto modal TPC	Rango longitud media líneas	Ratio trayecto / longitud línea	SD	CV
Palma A Coruña Pamplona	80 - 100	15 - 25	26,5	5,9	22,2
Vigo	80 - 100	25 - 30	11,6	0	0

Tabla 13. Rangos de reparto modal, ratio trayecto/longitud de línea. Elaboración propia.

Nótese cómo las hipótesis planteadas se cumplen: en ciudades con longitud media de líneas de autobús entre 10 y 15 km (por ejemplo), al pasar de una cuota dentro del reparto modal TPC del autobús urbano de 10-60 a 80-100 (%) la ratio entre trayecto medio y longitud media de las líneas aumenta 30 puntos; en ciudades con una cuota de autobús urbano dentro del reparto modal TPC superior al 80 %, vemos como la ratio disminuye al al aumentar la longitud media de las líneas de autobús urbano (una caída de casi 40 puntos entre casos extremos). Teniendo en cuenta que Las Palmas, Córdoba y Valladolid poseen un peso del autobús urbano dentro del reparto modal del 100 % (no existen modos alternativos) y una longitud media de líneas de autobús urbano de entre 15 y 25 km para las dos primeras, y de 10 - 15 km para la tercera; y que en el caso de Vitoria y Granada, el peso del autobús urbano dentro del reparto modal TPC se sitúa entre el 60 y el 80 % y la longitud media de las líneas de autobús urbano dentro de la horquilla de 10 a 15 km, los únicos datos necesarios para proceder a inferir el trayecto medio efectuado por los usuarios en estas ciudades son los tres que se han sombreado en la tabla (en gris). La distancia del trayecto medio que realiza un usuario en las cinco ciudades restantes será la que se indica a continuación:

- En el caso de Las Palmas, con una longitud media de las líneas de autobús urbano de 18 km, se ha considerado una ratio trayecto / longitud de línea del 26,5 %, lo que nos lleva a considerar un trayecto medio por usuario de 4,77 km.

- En el caso de Córdoba, con una longitud media de las líneas de bus urbano de 20,9 km, se ha contemplado una ratio trayecto / longitud de línea del 26,5 %, lo que nos lleva a estimar un trayecto medio por usuario de 5,54 km.

- En el caso de Valladolid, con una longitud media de las líneas de autobús urbano de 11 km, se ha considerado una ratio trayecto / longitud de línea del 50,9 % (por sus características concretas), lo que conduce a una estimación del trayecto medio por usuario igual a 5,60 km.

- En el caso de Vitoria, es importante señalar que la longitud media de las líneas de bus urbano es de 14,3 km (entre 10 y 15 km). Como sabemos, no existe un bloque de ciudades con peso del autobús urbano de entre el 60 y el 80 % dentro del reparto modal de TPC cuya longitud media de las líneas de autobús urbano se encuentre comprendida entre 10 y 15 km. Por tanto, se ha tomado la decisión de tomar la ratio trayecto / longitud de línea propio de ciudades como Donostia, León o Cádiz, del 50,9 %. Esto conduce a un trayecto medio de 7,28 km.

- En el caso de Granada sucede lo mismo que en Vitoria. La longitud media de las líneas de autobús urbano es en este caso de 11 km, por lo que considerando idéntico ratio se obtiene un trayecto medio de 5,60 km.

Por consiguiente, el dato de pasajeros-km en estas cinco ciudades (Las Palmas, Córdoba, Valladolid, Vitoria y Granada) puede calcularse de forma directa multiplicando el número total de pasajeros anuales que se indica en la tabla correspondiente por el trayecto medio calculado (en km), obteniendo un dato cuyas unidades son pasajeros·km. Del mismo modo, una vez calculado el dato de pasajeros-km, la ocupación media por km en los autobuses urbanos de dichas urbes se obtiene de manera directa.

Por último, las emisiones por km y pasajero se obtendrán dividiendo las emisiones medias del parque municipal de autobuses urbanos (emisiones medias por autobús estándar de 12 metros y km recorrido) entre la ocupación media por km calculada.

A la vista de los datos obtenidos, la ciudad donde el servicio de autobuses urbanos registra menores emisiones de GEI por km y pasajero es Málaga, con 55,2 gCO_2e por km y pasajero. Esto se debe, fundamentalmente, a la alta ocupación media de los autobuses urbanos en la ciudad (alrededor de 24 pasajeros por autobús estándar), hecho que lleva a Málaga, a pesar de no poseer la flota de autobuses urbanos con menos emisiones, a ser desde un punto de vista global la menos contaminante en lo que se refiere al transporte en autobús urbano. El dato de Valladolid mejora en 10 gramos al obtenido en Málaga (45,5 gCO_2e por km y pasajero), si bien ha de tenerse en cuenta que se trata de un dato inferido estadísticamente, y por tanto no está exento de posibles errores metodológicos que se desconocen a priori. En las antípodas se sitúa Alicante, donde cada pasajero emite 168,1 gramos de CO_2 por kilómetro recorrido en autobús urbano (hecho debido, fundamentalmente, a la baja ocupación media de sus autobuses urbanos, menos de 8 pasajeros por unidad vehicular, ya que la flota de autobuses urbanos alicantina tan sólo contamina un 0,45 % más que la malagueña, siendo la ocupación media el parámetro que verdaderamente domina el

mal dato). De media, un pasajero en España (en las ciudades analizadas) emite 88,3 gramos de CO_2e por km recorrido, con una desviación estándar de 32,7 gramos (lo que pone de manifiesto la gran heterogeneidad existente en los servicios de autobús urbano en lo que respecta a emisiones de GEI).

Emisiones en el TPC - conclusiones

Si se admite que la muestra seleccionada de 16 ciudades es representativa de la situación en la que se encuentra la movilidad urbana en nuestro país, entonces el dato promedio de emisiones (por km y pasajero) calculado para cada modo de transporte puede darnos una idea de cuáles contribuyen de forma más significativa a reducir las emisiones de GEI en términos generales. Del mismo modo, se pueden analizar las ocupaciones medias características de cada modo de transporte a nivel nacional.

Antes de proceder al cálculo de las emisiones medias y la ocupación media de cada modo de transporte (motorizado, incluyendo vehículo privado) vamos a aplicar el criterio de los límites basados en el rango intercuartílico que propuso John Tuckey para la detección de valores atípicos u 'outliers'. Según este criterio, se consideran valores atípicos todos aquellos valores que no se encuentren incluidos en el intervalo definido por los dos siguientes valores:

$$\text{Frontera inferior} \rightarrow Q_1 - 1{,}5 \cdot IQR$$

$$\text{Frontera superior} \rightarrow Q_3 + 1{,}5 \cdot IQR$$

Siendo Q_1 el primer cuartil (valor que deja al 25 % de los datos a su izquierda), Q_3 el tercer cuartil (valor que deja al 75 % de los datos a su derecha) e IQR el rango intercuartílico (diferencia entre Q_3 y Q_1). Por tratarse de un método basado en el rango intercuartílico (un estadístico robusto), los límites establecidos no se ven afectados por la presencia de valores atípicos, como resulta por otra parte, lógico. La aplicación de este criterio para outliers ha permitido la detección de dos valores atípicos: por una parte, la ocupación media que registra la única línea del servicio de Cercanías de Zaragoza es anormalmente baja (se ha desestimado al calcular la ocupación media de Cercanías Renfe en nuestro país), mientras que por otra parte, las emisiones registradas en el metropolitano de Palma son anormalmente altas (se han obviado al calcular las emisiones características del ferrocarril metropolitano en España). En los dos gráficos que se muestran a continuación aparecen los datos de ocupación media y emisiones que caracterizan a cada modo de transporte en nuestro país:

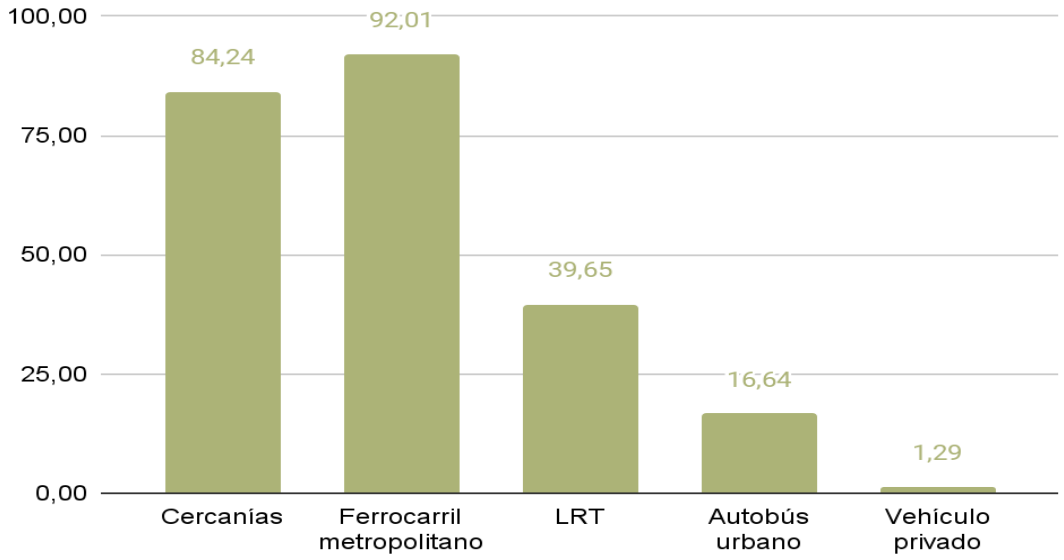

Figura 12. Ocupación media por vehículo y km (pasajeros). Elaboración propia.

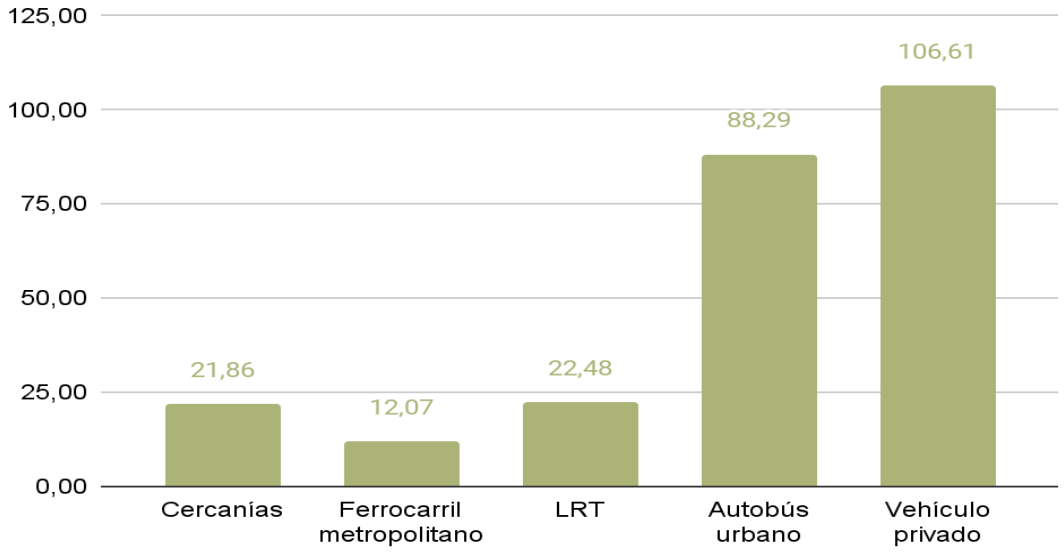

Figura 13. Emisiones medias por km y pasajero (gCO_2e). Elaboración propia.

De la mera observación de estas gráficas, pueden extraerse dos importantes conclusiones:

- Pese a que la ocupación de los trenes de Cercanías Renfe es muy similar a la de los convoyes metropolitanos (ferrocarril metropolitano), las emisiones

por km y pasajero en Cercanías Renfe son casi el doble si se comparan con el ferrocarril metropolitano, lo cual se debe en gran parte a la coexistencia de líneas sin electrificar en ciertos núcleos de Cercanías, que desplazan hacia arriba el dato de emisiones. La electrificación total de los núcleos de Cercanías en España ha de ser, pues, un objetivo prioritario.

- Pese a que la ocupación de los autobuses urbanos es aproximadamente la mitad de la ocupación característica de los sistemas de LRT, las emisiones por km y pasajero asociadas al autobús urbano cuadruplican a las emisiones por km y pasajero asociadas a los sistemas de LRT (y se asemejan en gran medida a las emisiones propias de los turismos privados). Es necesario, pues, conseguir electrificar los sistemas de autobús urbano, así como mejorar notablemente su ocupación a través de una adaptación paulatina de la oferta a la demanda existente.

Dato final de emisiones asociadas a la movilidad urbana por kilómetro y pasajero - conclusiones

Conocidas las emisiones medias de GEI por kilómetro y pasajero asociadas a cada modo motorizado (bien sea TPC, que engloba Cercanías, ferrocarril metropolitano, LRT y autobús urbano; o vehículo privado), la obtención del dato final de emisiones por kilómetro y pasajero propiciadas por la movilidad urbana en las ciudades analizadas es relativamente directa.

Primero se han de calcular, no obstante, las emisiones por kilómetro y pasajero generadas por el transporte público colectivo a nivel global, mediante la siguiente media ponderada:

$$E_{TPC} = [N_{Cercanías} \cdot E_{Cercanías} + N_{metropolitano} \cdot E_{metropolitano} + N_{LRT} \cdot E_{LRT} + N_{bus\ urbano} \cdot E_{bus\ urbano}] / N_{TPC}$$

Siendo E las emisiones, en gramos de CO_2 equivalente por kilómetro y pasajero, y N el número total de pasajeros (anual) obtenido para cada modo de transporte público colectivo. N_{TPC} representa la suma conjunta de pasajeros totales en todos los modos de TPC.

El paso final previo al cálculo del dato final de emisiones asociadas a la movilidad urbana es conocer cuál es el reparto modal correspondiente a cada ciudad y qué peso tienen dentro de él los diferentes modos de transporte (distinguiendo entre vehículo privado,

transporte público colectivo y movilidad activa, esta última como suma de la movilidad peatonal y la movilidad en bicicleta). A la hora de obtener el reparto modal para cada una de las ciudades analizadas, se recurrió a las siguientes fuentes:

- En el caso de Madrid, Barcelona, Valencia, A Coruña y Granada se ha recurrido a los Informes anuales del OMM (dato de mayor actualidad).
- En el caso de las ciudades vascas (Bilbao y Vitoria) se ha recurrido a la Encuesta de movilidad de la Comunidad Autónoma del País Vasco de 2016 (última encuesta de movilidad pre-pandemia), sólo contemplando desplazamientos internos.
- En el caso de Zaragoza, Málaga, Murcia, Palma, Alicante, Córdoba y Valladolid, se recurrió al PMUS redactado por cada ayuntamiento, considerando siempre el de mayor actualidad.
- En el caso de Las Palmas de Gran Canaria, se recurrió al documento monográfico LPA-GC: movilidad en transformación (2014).

En las ciudades donde el dato de taxi se aporta desagregado, éste se ha considerado como parte íntegra del vehículo privado (por cuestiones de consumo). En las ciudades donde se aporta dato de VMP (vehículo de movilidad personal, como sucede en el caso de Málaga) el dato se ha considerado parte íntegra de la movilidad activa (ya que es un modo de transporte totalmente electrificado con un consumo casi nulo, que por practicidad se ha considerado igual a cero).

Finalmente, el dato final de emisiones por km y pasajero asociadas a la movilidad urbana en cada una de las ciudades analizadas se pudo calcular atendiendo a la siguiente formulación:

$$E_{movilidad\ urbana} = [E_{VP} \cdot P_{VP} + E_{TPC} \cdot P_{TPC} + E_{movilidad\ activa} \cdot P_{movilidad\ activa}] / 100$$

Donde E representa las emisiones (VP indica vehículo privado) y P es el porcentaje que supone cada modo de transporte analizado dentro del reparto modal. Como se sabe, las emisiones producidas por la movilidad activa son 0 gramos de CO_2e por km y pasajero (a efectos prácticos, este último término desaparece de la fórmula anterior).

A la vista de los datos finales obtenidos para cada urbe analizada, cabe destacar el caso de **Bilbao**, donde las emisiones asociadas a la movilidad urbana se reducen a **18,67 gramos de CO_2e por km y pasajero**. Este excelente dato es el resultado de la conjunción

de tres aspectos fundamentales: un dominio absoluto de la movilidad activa en lo relativo al reparto modal (65,9 %), el menor peso del vehículo privado dentro del reparto modal de entre todas las ciudades analizadas (tan sólo un 12 por ciento) y un reparto modal del TPC dominado por el ferrocarril metropolitano (con una cuota del 69,7 %), caracterizado por sus bajas emisiones. En el lado opuesto se sitúa la ciudad de **Las Palmas**, donde la movilidad urbana es responsable de la emisión de **100,96 gramos de CO_2e por kilómetro y pasajero** (resultado del elevado peso del vehículo privado dentro del reparto modal, un 67,0 %; el reducido peso de la movilidad activa, tan sólo un 15,1 %; y un transporte colectivo basado en su totalidad en el autobús urbano con un peso reducido y altas emisiones).

Es importante destacar que el dato obtenido para Las Palmas, desde un punto de vista estadístico, constituye un valor atípico (outlier) al quedar fuera de los límites propuestos por John Tuckey para el cálculo de valores atípicos en función del rango intercuartílico y los cuartiles primero y tercero. Desdeñando dicho dato por tratarse de un outlier, y calculando la media, se sabe que las emisiones asociadas a la movilidad urbana en España (considerando que la muestra tomada es representativa) alcanzan los **44,46 gramos de CO_2** equivalente por cada kilómetro y pasajero (la ciudad de Málaga es la que presenta unas emisiones más próximas a dicha media), con una desviación estándar de 12,70 gramos de CO_2e, lo cual implica una variabilidad no despreciable en los datos.

Escenarios a futuro

A grandes rasgos, la reducción de emisiones de GEI asociadas a la movilidad urbana puede conseguirse por medio de tres enfoques complementarios:

- Mediante la transformación del reparto modal, aumentando el peso de la movilidad activa y del transporte público colectivo frente al vehículo privado.
- A través del aumento de la ocupación media de los vehículos (en los modos motorizados), adaptando en muchos casos la oferta a la demanda existente, o priorizando 'nuevas' formas de movilidad como el uso del vehículo compartido (carpooling y carsharing).
- A través de la penetración de tecnologías renovables en la propulsión de los modos motorizados. En el caso del vehículo privado, es necesario propiciar la electrificación total del parque automotor, mientras que en el caso del transporte público colectivo se han de hacer dos importantes distinciones: en el caso del autobús urbano, la electrificación ha de ser una prioridad, mientras que en el caso de los modos ferroviarios (electrificados en su

mayor parte, salvo casi despreciables excepciones en el caso de Cercanías Renfe) el acento ha de ponerse en alcanzar un mix eléctrico integrado en un 100 % por fuentes renovables (y a ser posible, de producción local).

Puesto que las emisiones de CO_2 equivalentes asociadas a la movilidad urbana constituyen una función multivariante (dependiente de múltiples variables independientes, como son la ocupación, el peso de los modos de transporte dentro del reparto modal y el nivel de sostenibilidad de los modos motorizados), y con el objeto de conocer el impacto que presenta cada enfoque en la reducción de emisiones, se proponen múltiples escenarios, en cada uno de los cuales se plantea la variación de un único parámetro.

Escenarios a futuro desde el punto de vista del reparto modal (1)

- **Escenario 1.a:** se plantea un aumento del peso de la movilidad activa dentro del reparto modal de las ciudades analizadas, tomando incrementos del 5 %, 10 %, 15 %, etc. (equivalente a multiplicar el peso porcentual de la movilidad activa por 1,05, 1,1, 1,15, respectivamente), mientras que los pesos de los demás modos se redistribuyen de forma proporcional atendiendo a su peso inicial (de forma que la suma de los pesos de todos los modos contemplados es igual al 100 %). En el presente escenario, aquellas ciudades en las que la movilidad activa supone un amplio porcentaje del reparto modal reducen considerablemente sus emisiones. En el caso de Bilbao (ciudad con mayor peso de la movilidad activa dentro del reparto modal), un incremento del 10 % en el peso de la movilidad activa sobre el reparto modal conduce a una reducción del 19,5 % de las emisiones asociadas a la movilidad urbana. En el punto opuesto se localiza Las Palmas (G.C.), donde debido al poco peso de la movilidad activa, un incremento del 10 % apenas se traduce en una reducción de emisiones del 1,8 %.

- **Escenario 1.b**: se propone un trasvase desde el vehículo privado al transporte público colectivo. Así, por ejemplo, al reducirse el peso del vehículo privado dentro del reparto modal en un 10 % (equivalente a multiplicar su peso por 0,9) el peso del transporte público colectivo sobre el reparto modal aumenta 0,1 veces el peso del vehículo privado inicial, mientras que el peso del resto de modos permanece invariable (se conservan los pesos, obteniendo una suma de pesos igual al 100 %). Se observa cómo aquellas ciudades donde la diferencia entre las emisiones de CO2e debidas al vehículo privado y las emisiones de CO2e resultado del transporte público colectivo es mayor consiguen una mayor reducción de las emisiones asociadas a la movilidad urbana. Es el caso de Granada (que

ostenta la mayor brecha entre ambos modos, con un ahorro de 81 gramos de CO2 equivalentes por kilómetro y pasajero al pasar del vehículo privado al transporte público colectivo), donde un trasvase del 10 % del peso del vehículo privado hacia el transporte público colectivo supone una reducción del 5,9 % de las emisiones. En el lado contrario encontramos a Sevilla y Las Palmas, ambas ciudades donde la diferencia entre las emisiones asociadas al vehículo privado y al transporte público colectivo son mínimas, y donde un trasvase del 10 % entre ambos modos únicamente supone una reducción del 0,7 % de las emisiones.

- **Escenario 1.c**: se propone una reducción del peso del vehículo privado dentro del reparto modal de las ciudades analizadas, repartiéndose esta reducción de forma proporcional (es decir, según los pesos iniciales de los demás modos de transporte) entre el transporte público colectivo y la movilidad activa.

Escenarios a futuro contemplando el aumento de la ocupación de los modos de transporte (2)

- **Escenario 2.a**: se propone contemplar un aumento de la ocupación media del vehículo privado del 20 y del 50 %, como resultado de la implantación de políticas a nivel municipal que favorezcan el uso del vehículo compartido (o, en su caso, políticas disuasorias que afecten a los vehículos de baja ocupación). Por regla general, esta medida supondría una mayor reducción de emisiones de CO2 equivalente en aquellas ciudades donde el peso del vehículo privado dentro del reparto modal sea grande en comparación con el peso del transporte público colectivo (puede cuantificarse tomando la ratio, razón o cociente entre ambos modos de transporte, para cada ciudad analizada), mientras que en aquellas ciudades donde el transporte público impera sobre el vehículo privado (valores de ratio pequeños) la reducción conseguida es mucho menor. La relación entre las dos variables consideradas mejora al tomar logaritmos (pasando de un R2 igual a 0,637 empleando correlación lineal a un R2 igual a 0,798 aplicando ajuste logarítmico, mucho más preciso en este caso), como se observa a simple vista al adoptar una escala logarítmica en el eje de abscisas. En este caso, la mayor reducción de emisiones (para un aumento de la ocupación media del 20 % en los vehículos privados) se produce en Murcia, donde la reducción alcanza el 14,73 % (Murcia es la urbe con mayor ratio entre vehículo privado y TPC, tomando un valor de 5,95, es decir, por cada viaje en transporte público se realizan cerca de seis viajes en vehículo privado). Del lado contrario se sitúa Barcelona, que con una ratio entre vehículo privado y TPC

de 0,49 (lo cual implica que por cada viaje en vehículo privado se realizan dos viajes en transporte público colectivo) obtendría una reducción de emisiones escasa al incrementarse la ocupación media del vehículo privado en un 20 %, concretamente, un 7,98 % menos (la mitad, aproximadamente, de la mejora que se obtendría en Murcia aplicando la misma estrategia).

Nota terminológica: *un viaje hace referencia a un único pasajero (viaje = pasajero). No debe confundirse con el término expedición, que designa el número de trayectos que realiza un vehículo dado.*

- **Escenario 2.b:** se propone un aumento generalizado de la ocupación media por kilómetro en todos los modos de transporte público colectivo (autobús urbano, LRT, metropolitano y Cercanías), que puede conseguirse en las ciudades por diversas vías (bonificando a los usuarios, unificando sistemas tarifarios y mejorando la intermodalidad, disponiendo parkings disuasorios, incentivando fiscalmente a los usuarios de TPC, proponiendo medidas que acoten y dificulten los desplazamientos en vehículo privado, etc.). Se fija el incremento de la ocupación media en un 20 %, para disponer de un dato que permita establecer comparaciones. La ciudad que más reduce sus emisiones al incrementar la ocupación media del transporte público colectivo en un 20 % es **Barcelona**, con una reducción del **8,69 %**. Del otro lado se sitúa **Murcia**, con una reducción de apenas un **1,09 %**. Es decir, en la ciudad donde esta estrategia resultaría más efectiva, la reducción sería del orden de 8 veces mayor en comparación con la ciudad donde sería menos efectiva. En este caso, la reducción es mayor cuanto mayor es el producto de la ratio entre TPC y vehículo privado (TPC / VP) por el porcentaje de movilidad motorizada dentro del reparto modal, y viceversa (como resulta lógico, cuanto mayor es el peso del TPC frente al vehículo privado, y cuanto mayor es la cuota de movilidad motorizada dentro del reparto modal, el aumento de la ocupación media en el TPC contribuye de forma decisiva a reducir emisiones de CO_2 equivalentes). La correlación entre ambos parámetros es relativamente buena, con un R^2 próximo a 0,9 (0,864) en el caso de seguir un ajuste logarítmico, si bien como en los demás casos se trata de funciones multivariantes, dependientes de múltiples variables independientes entre sí (lo que impide un ajuste ideal).

Escenarios a futuro contemplando la penetración de tecnologías renovables (3)

- **Escenario 3.a:** se propone la electrificación total de la oferta de transporte público colectivo (TPC). A tales efectos, ha de tenerse en cuenta que los

sistemas de tren ligero (Light Rail Transit, LRT) y ferrocarril metropolitano o metro que existen en España se encuentran electrificados en su totalidad. Por tanto, esta propuesta afectaría a aquellos núcleos de Cercanías Renfe que presentan aún líneas sin electrificar (casos que se limitan a Valencia, Sevilla, Murcia y Alicante) y, principalmente, al autobús urbano, cuya flota se transformaría en 100 % eléctrica (BEB) en todas las ciudades (algo que en la actualidad no sucede en ninguna de las ciudades analizadas). Si esto sucediese en un escenario real, la reducción de emisiones sería aún mayor, ya que la penetración de tecnologías limpias en el mix eléctrico de consumo de las ciudades reduciría las emisiones propias del TPC electrificado. Por consiguiente, el dato que aquí se propone es un dato conservador, para una electrificación total del transporte público colectivo, sin contemplar una mejora del mix eléctrico. En términos generales, la reducción obtenida dependerá del ratio entre el peso del autobús urbano y el peso del vehículo privado en el reparto modal de cada ciudad, de manera que cuanto mayor sea dicho ratio, mayor será la reducción obtenida. En el caso de **Barcelona**, cuyo ratio autobús urbano y vehículo privado es igual a 0,77, se obtiene la mayor reducción de emisiones por electrificación total del TPC: **40,64 %.** En el caso contrario encontramos a **Las Palmas de Gran Canaria**, que con una ratio de 0,18 sólo obtendría una reducción de emisiones asociadas a la movilidad urbana del **7,13 %**. La correlación entre ambos parámetros (ratio autobús urbano / vehículo privado y reducción de emisiones obtenida a través de la electrificación total del TPC) no es demasiado fuerte (R^2 = 0,728), ya que estamos ante funciones multivariantes que dependen de variables adicionales, pero permite dibujar una imagen general de fácil comprensión.

- **Escenario 3.b:** se propone una sustitución del 20 % de los vehículos con un determinado distintivo ambiental por vehículos del distintivo ambiental inmediatamente superior (por ejemplo, el 20 % de los vehículos sin distintivo ambiental se sustituye por turismos con etiqueta B, al tiempo que el 20 % de los turismos con etiqueta B se sustituye por turismos con etiqueta C, y así de forma sucesiva hasta llegar a la etiqueta CERO, que por consiguiente aumenta su cuota dentro del parque automotor). Las reducciones que se obtienen en el presente escenario son pequeñas: un **2,30 %** menos de emisiones en el caso de **Las Palmas de Gran Canaria** (caso más favorable) y una reducción del **1,18 %** en el caso de **Barcelona** (menor reducción).

- **Escenario 3.c:** se propone la renovación del 20 % de los turismos carentes de distintivo ambiental, siendo sustituidos por turismos con etiqueta CERO (es decir, eléctricos puros BEV e híbridos enchufables PHEV con más de 40

kilómetros de autonomía eléctrica). De esta forma, la cuota de vehículos sin distintivo dentro del parque automotor de las ciudades se reduciría un 20 %, mientras que la cuota de turismos CERO aumentaría sumando el 20 % de los turismos que carecían de distintivo. El resto de los turismos (distintivos ECO, C y B) permanecen invariables. Es importante destacar que, al aumentar en este escenario el peso de los turismos CERO dentro del parque automovilístico de cada ciudad, el mix eléctrico de consumo característico de cada una de ellas va a tener una notable influencia (aquellas ciudades que disponen de un mix eléctrico de consumo más favorable van a conseguir mayores reducciones).

Gráficos y tablas

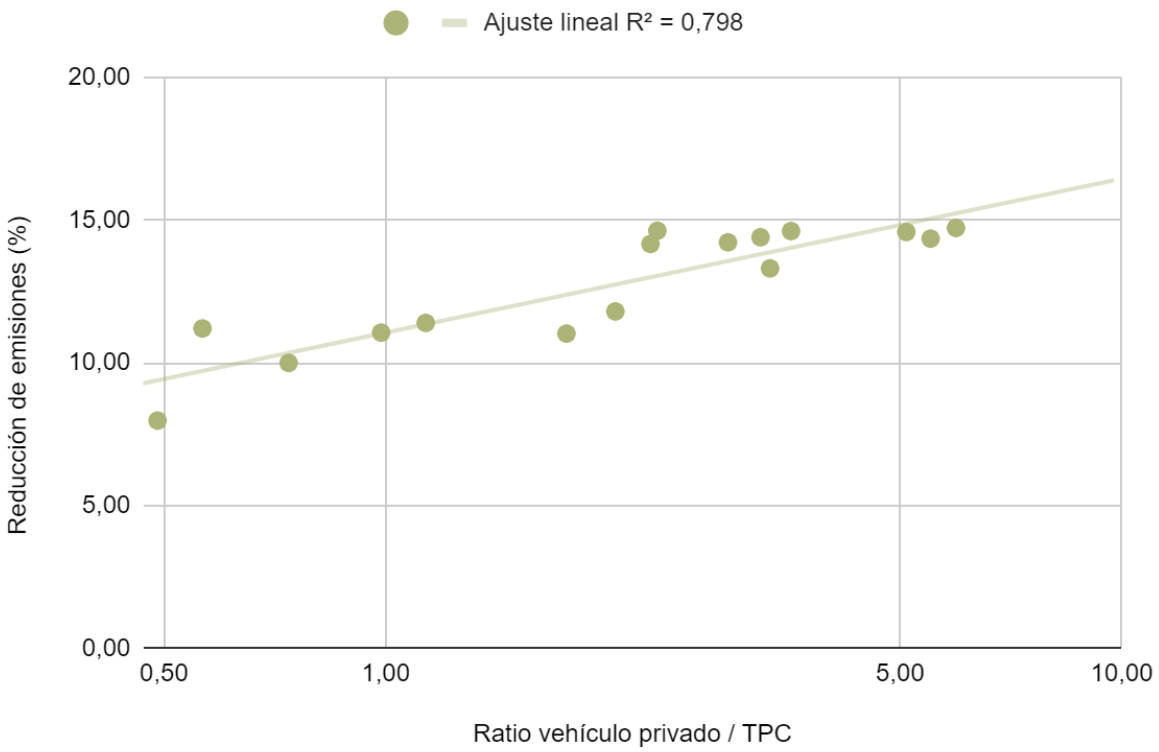

Figura 14. Reducción de emisiones en el escenario 2.a - aumento del 20%. Elaboración propia.

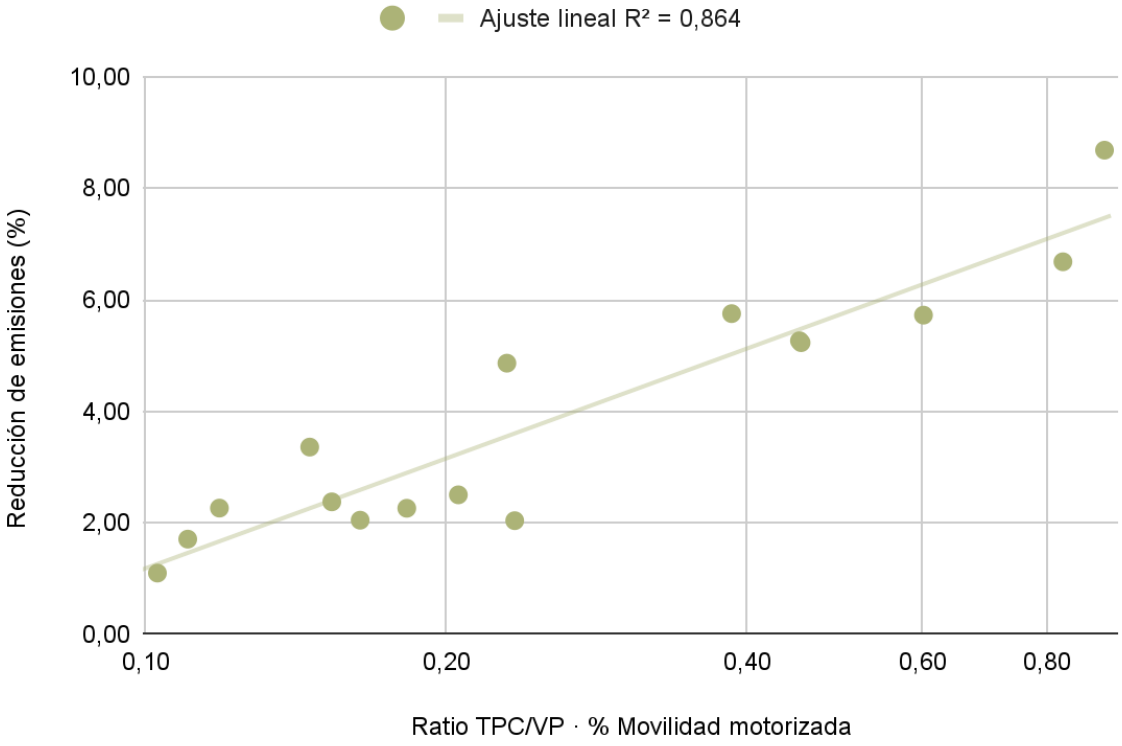

Figura 15. Reducción de emisiones en el escenario 2.b.
Elaboración propia.

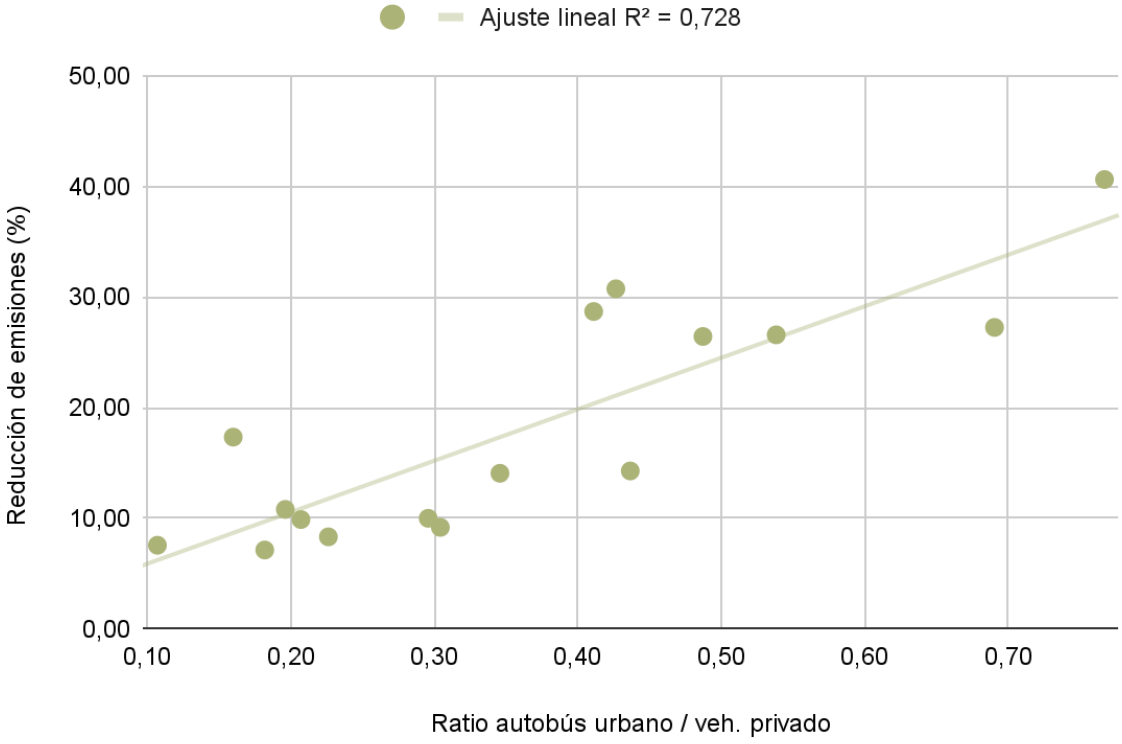

Figura 16. Reducción de emisiones en el escenario 3.a.
Elaboración propia.

Energía

Estrategia "Una transición hacia una energía limpia"

La producción y el uso de energía representan más del 75 % de las emisiones de gases de efecto invernadero de la UE. Por lo tanto, la descarbonización del sistema energético de la UE es fundamental para alcanzar nuestros objetivos climáticos para 2030 y la estrategia a largo plazo de la UE de lograr la neutralidad en emisiones de carbono para 2050 (Comisión Europea, 2022).

El Pacto Verde Europeo se centra en tres principios clave para la transición hacia una energía limpia, que ayudarán a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero y a mejorar la calidad de vida de nuestros ciudadanos:

- Garantizar un suministro energético seguro y asequible para la UE
- Desarrollar un mercado de la energía de la UE plenamente integrado, interconectado y digitalizado
- Priorizar la eficiencia energética, mejorar el rendimiento energético de nuestros edificios y desarrollar un sector energético basado en gran medida en fuentes renovables

En toda la Unión Europea, los edificios representan el 40% de la energía consumida y el 36% de las emisiones de gases de efecto invernadero relacionadas con la energía. Por otro lado, el 75% de los edificios en la UE no son energéticamente eficientes y además, se espera que el 85-95% de los edificios de la UE sigan en pie en 2050.

La Comisión Europea ha llevado a cabo una revisión de la Directiva sobre el Rendimiento Energético de los edificios, con la que se pretende impulsar la rehabilitación y la descarbonización de los edificios (Comisión Europea, 2021).

Dicha directiva se resume en 9 acciones a nivel comunitario:

- Todos los edificios nuevos deben ser de cero emisiones a partir de 2030, de los cuales los nuevos edificios públicos deben de ser cero emisiones para 2027.
- El 15% de los edificios con peor rendimiento del parque inmobiliario de la UE tendrá que mejorarse de la etiqueta G del Certificado de Eficiencia Energética (EPC) a al menos la etiqueta F para 2030, los edificios públicos y

no residenciales liderarán el camino para 2027. Los edificios residenciales deben renovarse de G a al menos F para 2030, y al menos a E para 2033.

- La obligación de disponer de un certificado de eficiencia energética se extiende a los edificios en proceso de reforma importante, a los edificios en los que se renueve un contrato de alquiler y a todos los edificios públicos.
- Obligación de desplegar infraestructura de recarga para vehículos eléctricos en zonas residenciales y edificios comerciales y promover espacios de estacionamiento exclusivos para bicicletas.
- Los edificios o unidades de edificios que se ofrecen para la venta o el alquiler deben tener un certificado de eficiencia energética, y la clase y el indicador de rendimiento energético deben indicarse en todos los anuncios.
- Los Planes Nacionales de Renovación de Edificios se integrarán completamente en los Planes Nacionales de Energía y Clima para garantizar la compatibilidad y el seguimiento del progreso: deberán incluir hojas de ruta para eliminar gradualmente los combustibles fósiles en la calefacción y la refrigeración para 2040 a más tardar.
- Un 'pasaporte de renovación' de edificios dará acceso a la información y costos más bajos para los consumidores para facilitar su planificación y una renovación paso a paso hacia el nivel de emisión cero.
- Se invita a los Estados miembros a incluir consideraciones de renovación en las normas de financiación pública y privada y establecer instrumentos apropiados, en particular para los hogares de bajos ingresos.
- Se introduce una cláusula de caducidad de los incentivos económicos para el uso de combustibles fósiles en edificios: no se deben otorgar incentivos financieros para la instalación de calderas alimentadas con combustibles fósiles a partir de 2027 y los Estados miembros tienen la posibilidad legal de prohibir el uso de combustibles fósiles en los edificios.

En cuanto a la aplicación de medidas a escala local, los ayuntamientos y las administraciones supramunicipales (como las mancomunidades o diputaciones) deben acelerar y priorizar la generación eléctrica a partir de fuentes de energías renovables como palanca primordial para la reducción de emisiones, así como mejorar tecnológicamente los equipos y electrificar progresivamente la demanda energética del sector residencial, comercial e institucional. Así lo recoge la Hoja de ruta para la

neutralidad climática en 2050 del Ayuntamiento de Madrid y que puede extenderse al resto de ciudades españolas (Ayuntamiento de Madrid, 2022).

Con el fin de establecer unos objetivos que persigan la neutralidad climática en 2050 en materia energética, se han concretado los siguientes **indicadores que se pueden medir y seguir a escala local:**

- Emisiones asociadas al consumo energético final en los edificios en tCO2e por habitante (residenciales, sector terciario no municipal, y equipamientos, instalaciones y edificios municipales).
- Porcentaje de comunidades de propietarios constituidas en comunidades energéticas.
- Contribución de la producción renovable al mix eléctrico (%).
- Porcentaje de la demanda energética satisfecha mediante autoconsumo en edificios residenciales y municipales.
- Contribución de la energía eléctrica al total de consumo de energía final (grado de electrificación en el sector residencial y servicios, %).
- Porcentaje de viviendas en riesgo de exclusión social rehabilitadas energéticamente.

A partir de estos indicadores, **se han establecido seis objetivos** aplicables y controlables a escala local:

- Alcanzar **cero emisiones asociadas al consumo energético final en los edificios en tCO_2e por habitante.**
- Conseguir el 100 % de las comunidades de propietarios integradas en comunidades energéticas.
- Que el mix eléctrico esté integrado en un 100% por tecnologías renovables.
- Conseguir la autosuficiencia plena (que los edificios residenciales y municipales sean capaces de satisfacer el 100% de su demanda energética mediante energías renovables).

- Alcanzar un grado de electrificación del 100% en el sector residencial y servicios.
- Rehabilitación energética del 100 % de las viviendas en riesgo de exclusión social.

Estos objetivos pueden alcanzarse si los ayuntamientos y administraciones locales llevan a cabo **una serie de acciones y un seguimiento posterior de su cumplimiento, como son:**

- El fomento y la implantación de comunidades energéticas en las que haya un consumo basado en 100% de energías renovables.
- Descarbonización del mix eléctrico por incorporación de fuentes renovables en generación.
- Generación de energía renovable para autoconsumo en edificios residenciales y municipales.
- Renovación/sustitución de equipos térmicos: electrificación de los sistemas de calefacción en edificios residenciales y del sector servicios (bombas de calor, con mayor eficiencia).
- Rehabilitación de viviendas en situación de pobreza energética.
- Impulsar la instalación de sistemas de agua caliente sanitaria.
- Instalación de paneles fotovoltaicos en cubiertas, superficies e instalaciones para el autoconsumo eléctrico sin desconexión de la red eléctrica.
- Instalación de colectores solares térmicos en cubiertas, superficies e instalaciones para contribución al consumo de agua caliente sanitaria y la sustitución del uso de combustibles fósiles para satisfacer la demanda de agua caliente.

Finalmente, se ha desarrollado un indicador que mide las **emisiones asociadas al consumo energético final en los edificios en tCO_2e por habitante** (residenciales, sector terciario no municipal, y equipamientos, instalaciones y edificios municipales).

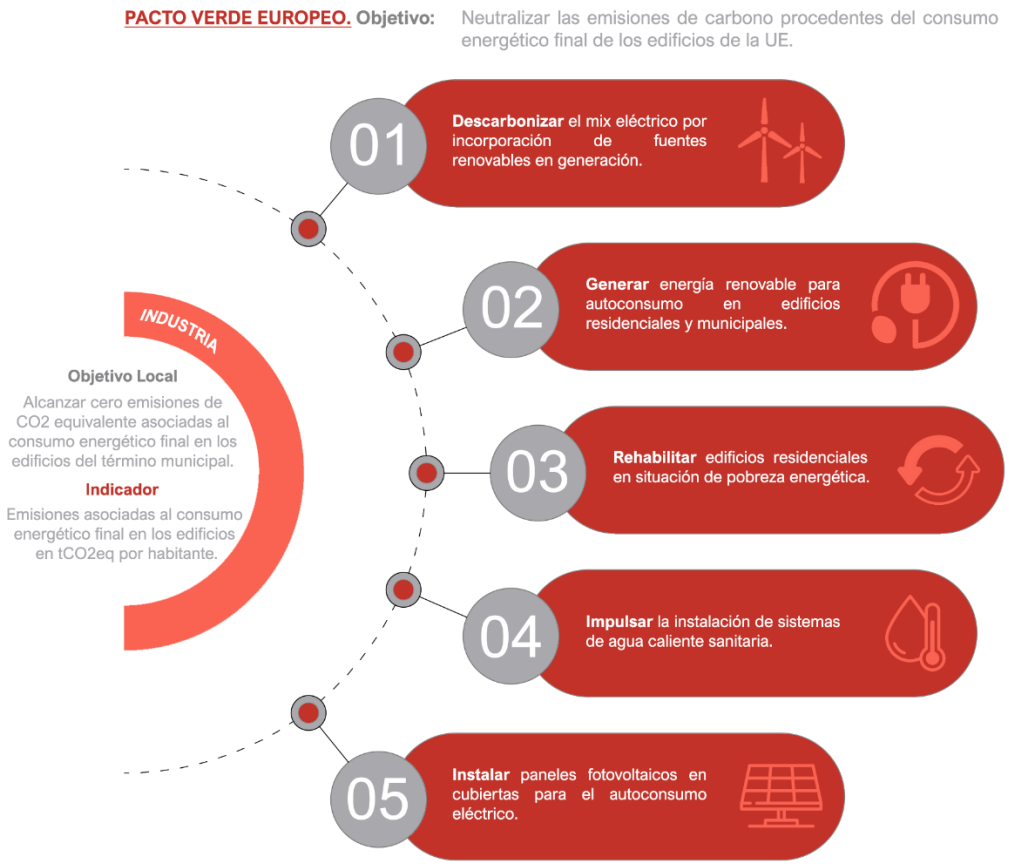

Figura 17. Aplicación local de la estrategia sobre energía.

Determinación de las emisiones asociadas al consumo energético en los edificios de las ciudades españolas per cápita

Introducción

La obtención de las emisiones de gases efecto invernadero (GEI) producidas por el consumo energético de edificios es compleja en cuanto a la localización y extracción de estos datos se refiere. Hasta 2019, los datos del consumo energético de cada población europea adherida al Pacto de las Alcaldías para el Clima y la Energía, así como las correspondientes emisiones de GEI, se encontraban publicados en la web de la oficina europea de dicho pacto. Sin embargo, actualmente han dejado de estar disponibles en dicho soporte, siendo más ardua la tarea de localizar la información requerida, filtrar y obtener los datos útiles y necesarios.

Las emisiones buscadas corresponden a las de las ciudades estudiadas en el indicador de movilidad. Para cada una de ellas, se ha contactado con diversos organismos para

que nos pudieran facilitar toda aquella información que no se ha podido localizar por medios propios o que no es pública.

Dado que, en 2019, se aprueba un Marco Común de Reporte del Pacto Global de Alcaldes, la mayoría de los municipios españoles han dejado de reportar datos a la oficina europea del Pacto, aunque es cierto que existen algunos del año 2020 en ciudades que han seguido actualizando su inventario de emisiones. Sin embargo, dada la situación extraordinaria de dicho año con la COVID 19, se han decidido no tener en cuenta, ya que serían poco representativos de la situación real. En consecuencia, con objeto de homogeneizar el análisis de la muestra, los datos utilizados en esta investigación corresponden a 2019.

Para el cálculo del consumo energético de los edificios de las ciudades (MWh/pers) y el de las emisiones de GEI (tCO_2e/pers) se procede, en primer lugar, a hacer una diferenciación entre los distintos tipos de edificios a tener en cuenta. Se distinguen tres grandes grupos:

- Edificios residenciales
- Edificios, equipamientos e instalaciones correspondientes al sector terciario no municipales
- Edificios, equipamientos e instalaciones municipales

En el momento del cálculo se tuvieron en cuenta también otros sectores para poder sacar conclusiones más representativas en cuanto al total del consumo y emisiones de cada ciudad. Como referencia para la división de estos grupos, se tomaron los Planes de Acción y los Inventarios de Emisiones de algunas de las ciudades estudiadas. Los sectores añadidos en el momento de los cálculos son los siguientes:

- Sector industria, excluyendo las grandes industrias
- Sector primario
- Alumbrado público

Aunque los datos relacionados a estos sectores no influyen en el dato de consumo final calculado para edificios, es interesante su comparativa y ver en qué proporción unos sectores consumen más que otros.

Los cálculos realizados se hacen atendiendo a tres grupos de fuentes energéticas:

- Electricidad
- Combustibles fósiles
- Energías renovables

En el último de ellos, se calcula únicamente el consumo energético, ya que las fuentes de energía renovables no emiten GEI y, si los emiten, se consideran emisiones neutras, como es el caso de la biomasa.

Extracción de datos

Como ya se ha mencionado anteriormente, la obtención de los datos requeridos es complicada; es por ello por lo que se adjunta, a continuación, un breve resumen en el que se explica la procedencia de cada uno de ellos, agrupando los municipios por comunidades autónomas. En algunos casos, la información ha sido proporcionada parcialmente; en otros, no se han obtenido respuesta a las solicitudes o se ha perdido la comunicación con el organismo responsable. Dicha casuística se irá especificando en cada uno de los apartados de esta sección.

Andalucía

En Andalucía, son cuatro los municipios a estudiar: **Córdoba, Granada, Málaga y Sevilla**. La información correspondiente a los municipios andaluces es de acceso público. La Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul de la Junta de Andalucía tiene una aplicación web llamada **"Huella de Carbono de los Municipios Andaluces"**, que se puede consultar en el siguiente enlace: https://ws041.juntadeandalucia.es/pentaho/api/repos/%3Apublic%3AHDCM%3AHdCM.wcdf/generatedContent. Posee una base de datos del consumo energético de cada municipio andaluz, así como las emisiones equivalentes de CO_2 totales o per cápita desde el año 2005 al 2019.

Además, en el caso de **Málaga**, desde el Área de Innovación y Digitalización Urbana del Ayuntamiento, se ha proporcionado esta información, la cual ha sido igualmente contrastada con la de la aplicación web.

Aragón

Zaragoza es el único caso de estudio de esta comunidad autónoma. El caso de este municipio, los datos también se encuentran publicados en abierto, ya que el Área de

Medio Ambiente del Ayuntamiento recoge los datos en el **"Plan de Acción por el Clima y la Energía Sostenible del Municipio de Zaragoza 2030"** que se puede consultar en el siguiente enlace: http://www.zaragoza.es/contenidos/medioambiente/2021-PACES-Zaragoza-2030.pdf.

Islas Baleares

La Consejería de Transición Energética, Sectores Productivos y Memoria Democrática del Ayuntamiento de **Palma** tiene publicado el **"Inventario de Emisiones de Referencia de CO2"** del municipio en su web. En este caso, los datos son más antiguos, ya que, a pesar de haberse elaborado en 2018, la información más reciente pertenece al año 2016. Este documento puede consultarse en el siguiente enlace: http://www.caib.es/sites/batles/es/l/palma/2018/.

Islas Canarias

Las Palmas de Gran Canaria es un caso más complejo, dadas las dificultades de acceso a información actualizada. Finalmente se ha optado por tomar en consdieración los datos del **"Inventario de Emisiones de Referencia de CO2"** publicado en la web del Consejo Insular de Energía cuya dirección se adjunta a continuación: https://www.energiagrancanaria.com/wp-content/uploads/2022/01/anexo-i-inventario-de-emisiones-de-referencia-municipio-de-las-palmas-de-gran-canaria.pdf

Castilla y León

La Agencia Energética Municipal de **Valladolid** tiene a disposición del público el documento resumen de consumo energético y emisiones de CO_2 que antes proporcionaba la web del **Pacto de los Alcaldes y Alcaldesas**. En esta hoja se recogen, en formato tabla, todos los datos que necesitamos de manera clara y concisa. Pueden consultarse dichas tablas en el siguiente enlace: https://www.valladolid.es/es/temas/hacemos/agencia-energetica-municipal-aemva/inventario-emisiones.ficheros/687165-Huella%20de%20Carbono%20PAES_VA_2019.pdf

Cataluña

A pesar de ser una de las ciudades más importantes de España, **Barcelona** es uno de los pocos municipios de la muestra cuyo consumo y emisiones no es directamente publicado por el departamento municipal correspondiente. De hecho, esta información no ha sido finalmente obtenida del Ayuntamiento de Barcelona, sino del Ministerio de Asuntos Económicos y Transformación Digital del Gobierno de España, que se encuentra en la siguiente dirección:

https://datos.gob.es/es/catalogo/l02000008-emisiones-de-gases-de-efecto-invernadero-de-los-municipios.

La información es proporcionada por la **Diputación Provincial de Barcelona**. Ahora bien, aunque en este documento se encuentran las emisiones GEI necesarias para el cálculo pretendido, cabe señalar que no se proporcionan los datos de consumo energético, por lo que se ha trabajado con datos incompletos. A pesar de haber contactado tanto con la Generalidad de Cataluña, como con el propio Ayuntamiento de Barcelona, la información que se ha proporcionado es menos completa que la previamente señalada. *Comunidad de Madrid*

El Ayuntamiento de **Madrid** remitió a la Coordinación General de Medio Ambiente, los que proporcionan la **"Hoja de Ruta hacia la Neutralidad Climática"** en la que únicamente aparece el total del consumo final de energía per cápita, así como las emisiones de CO_2e, sin sectorizar ni proporcionar información proporcional respecto a las fuentes de energía utilizadas. Se han tomado esos datos finales que, aunque no constituyan toda la información requerida, van a ser de utilidad. En el siguiente enlace puede consultarse este documento:
https://www.madrid.es/UnidadesDescentralizadas/Sostenibilidad/EspeInf/EnergiayCC/06Divulgaci%C3%B3n/6cDocumentacion/6cNHRNeutral/Ficheros/HRNeutralidadClimaMad2022.pdf

Comunidad Valenciana

En primer lugar, no ha sido posible obtener ningún tipo de información de **Alicante**, a pesar de haber realizado una búsqueda exhaustiva. Se ha contactado igualmente con la Concejalía de Medio Ambiente, **sin obtener respuesta**.

Por su parte, en **Valencia** se ha tomado como referencia el **"Plan de Acción para el Clima y la Energía Sostenible de la ciudad de Valencia"**. Recoge datos ligeramente antiguos, si bien, es la fuente proporcionada por el propio Ayuntamiento, ante la solicitud de documentación donde poder extraer los datos necesarios. Se puede consultar en el siguiente enlace:
https://www.valencia.es/documents/20142/424002/190415_AYTO_VALENCIA_PACES__Actualizado_.pdf/1cefe22e-7b64-1db9-7f4a-7006aa12bf75

Galicia

De **La Coruña** solo se han conseguido datos muy antiguos ya que no hemos conseguido respuesta tras contactar con el ayuntamiento. Estos datos son del 2009 y se obtienen de la **"Estrategia contra el Cambio Climático de La Coruña"** adjunta en el siguiente

enlace: https://www.coruna.gal/descarga/1414462613031/Estrategia-Pacto-de-los-Alcaldes_09_12_2013-1.pdf.

Región de Murcia

La Agencia Local de la Energía de **Murcia** tiene a disposición del público el **"Inventario de Seguimiento de Emisiones 2019"** del que se extrajeron los datos tras su lectura. Puede consultarse a continuación: https://www.energiamurcia.es/wp-content/uploads/2022/04/Inventario-de-Emisiones_Murcia-2019_compressed-1.pdf

País Vasco

Desde el **Área de Movilidad y Sostenibilidad** del Ayuntamiento de **Bilbao**, se han proporcionado dos documentos con la información solicitada. Se trata de información que no está publicada y, por ende, cuyo acceso no es público. Por esta razón no ha podido adjuntarse a esta memoria.

Finalmente, **Vitoria** es uno de los dos únicos municipios de los que **no se ha conseguido información**. Sorprende, ya que, a pesar de ser un ayuntamiento muy comprometido con la sostenibilidad y el medio ambiente, no se ha podido localizar en su web, ni a través de contacto con sus responsables, información relevante para llevar a cabo este estudio.

De los **dieciséis** municipios a estudiar, se ha conseguido información al completo de **doce** de ellos, entre los que se encuentran Córdoba, Granada, Málaga, Sevilla, Zaragoza, Palma, Las Palmas de Gran Canaria, Valladolid, Valencia, La Coruña, Murcia y Bilbao. De Barcelona y Madrid, sólo se han conseguido algunos datos, mientras que de Alicante y Vitoria no hay ninguna información. Para concluir con este apartado y aclarar algunos factores que intervienen en el cálculo de las emisiones finales, se recoge, en la siguiente tabla, la fecha de los datos, así como la población del municipio de este año, obtenida a través del INE (Instituto Nacional de Estadística).

Municipio	Año toma de datos	Población
Córdoba	2019	325701
Granada	2019	232462
Málaga	2019	574654
Sevilla	2019	688592
Zaragoza	2019	674997
Palma	2016	405949
Las Palmas de Gran Canaria	2012	383343
Valladolid	2019	298412
Barcelona	2017	1620809
Madrid	2019	3266126
Alicante	n/a	n/a
Valencia	2016	790201
La Coruña	2009	246056
Murcia	2019	453258
Bilbao	2019	346843
Vitoria	n/a	n/a

Tabla 14. Resumen informativo municipal.
Elaboración propia.

Las casillas rellenadas con “n/a” quieren decir “no aplicable”, es decir, falta de datos que impiden cumplimentar estos campos.

Determinación de las emisiones producidas por el consumo eléctrico

Para comenzar determinando las emisiones finales producidas por los edificios, se empieza calculando aquellas relacionadas con el consumo eléctrico. Como ya hemos explicado anteriormente, este dato se va a medir en tCO_2e/pers, es decir, en toneladas de CO_2 equivalentes por persona. La obtención de este dato se realiza, primero, mediante la determinación del consumo energético en MWh/pers para luego, mediante el producto de este consumo (MWh/pers) y las emisiones del mix eléctrico de consumo correspondiente a cada ciudad (tCO_2e/pers), según autonomía, obtener las emisiones de GEI producidas por la electricidad procedente de fuentes no renovables:

$$\text{Emisiones Consumo Eléctrico} = \text{Consumo Eléctrico} \cdot \text{Emisiones Mix Eléctrico de Consumo}$$

El mix eléctrico de cada comunidad autónoma ya se ha calculado en el indicador de movilidad, por lo que, a efectos de este indicador, se entiende que ya queda explicado el proceso de obtención del mismo, lo que nos proporciona los siguientes datos:

Comunidad autónoma	Emisiones del mix eléctrico de consumo (tCO2e/pers)
Andalucía	0,156
Aragón	0,08
Islas Baleares	0,388
Islas Canarias	0,553
Castilla y León	0,038
Cataluña	0,092
Com. de Madrid	0,125
Com. Valenciana	0,116
Galicia	0,106
Región de Murcia	0,264
País Vasco	0,2

Tabla 15. Emisiones del mix eléctrico de consumo (tCO_2e/persona). Elaboración propia.

En los casos de Aragón, Islas Canarias, Castilla y León y Galicia, la huella del mix de consumo es menor que la de generación, por lo que se toma esta última a efectos de cálculo.

A continuación, se procede a la determinación de las emisiones mediante el procedimiento mencionado anteriormente. En la tabla, aparecen el consumo y las emisiones desglosadas según el sector, que a su vez se encuentran agrupados en dos ámbitos diferentes: ámbitos que dependen del ayuntamiento y ámbitos que no.

Los campos completados con un guion (-) indican la falta de datos. Los asteriscos (*) hacen referencia a lo siguiente:

- (*) Córdoba, Granada y Sevilla: En estos municipios, se carece del dato de consumo y emisiones por parte del alumbrado público.
- (*) Barcelona: Las emisiones se han obtenido de la fuente adjunta al inicio del documento, por lo que no se ha calculado con las emisiones del mix eléctrico de consumo.

- (*) Bilbao: Los datos totales no cuentan con el consumo de todo lo dependiente al municipio, por lo que no es comparable con el resto de los datos.

Municipio	Ámbito	Sector	Consumo eléctrico (MWh/pers)	Emisiones GEI (tCO2e/pers)	Total edificios	
					Consumo eléctrico (MWh/pers)	Emisiones GEI (tCO2e/pers)
Córdoba	Ámbitos que no dependen del Ayuntamiento	Servicios	0,9672	0,1509	3,1673	0,4942
		Industria	0,5448	0,0850		
		Residencial	1,7176	0,2680		
		Primario	0,0517	0,0081		
	Ámbitos que dependen del ayuntamiento*	Edificios, equipamientos e instalaciones municipales	0,4825	0,0753		
		Alumbrado público	-	-		
		Total	3,7638	0,5874		
Granada	Ámbitos que no dependen del Ayuntamiento	Servicios	1,0816	0,0523	3,4694	0,1678
		Industria	0,1219	0,0059		
		Residencial	1,7741	0,0858		
		Primario	0,0043	0,0002		
	Ámbitos que dependen del ayuntamiento*	Edificios, equipamientos e instalaciones municipales	0,6137	0,0297		
		Alumbrado público	-	-		
		Total	3,5956	0,1739		
Málaga	Ámbitos que no dependen del Ayuntamiento	Servicios	1,0802	0,1686	2,6567	0,4146
		Industria	-	-		
		Residencial	1,4007	0,2186		
		Primario	-	-		
	Ámbitos que dependen del ayuntamiento	Edificios, equipamientos e instalaciones municipales	0,1758	0,0274		
		Alumbrado público	0,0596	0,0093		
		Total	2,7163	0,4239		
Sevilla	Ámbitos que no dependen del Ayuntamiento	Servicios	1,1085	0,1730	3,1907	0,4420
		Industria	0,3078	0,0480		
		Residencial	1,5626	0,2439		
		Primario	0,0079	0,0012		
	Ámbitos que dependen del ayuntamiento*	Edificios, equipamientos e instalaciones municipales	0,5196	0,0251		
		Alumbrado público	-			
		Total	3,5064	0,4913		
Zaragoza	Ámbitos que no dependen del Ayuntamiento	Servicios	0,2463	0,0197	1,5303	0,1226
		Industria	-	-		
		Residencial	1,2840	0,1029		
		Primario	-	-		
	Ámbitos que dependen del ayuntamiento	Edificios, equipamientos e instalaciones municipales	0,0000	0,0000		
		Alumbrado público	0,0000	0,0000		
		Total	1,7334	0,1227		
Palma	Ámbitos que no dependen del Ayuntamiento	Servicios	1,6920	0,6564	3,7575	1,4577
		Industria	-	-		
		Residencial	1,4740	0,5718		
		Primario	-	-		
	Ámbitos que dependen del ayuntamiento	Edificios, equipamientos e instalaciones municipales	0,5915	0,2295		
		Alumbrado público	0,0055	0,0021		
		Total	3,7630	1,4598		
Las Palmas de Gran Canaria	Ámbitos que no dependen del Ayuntamiento	Servicios	0,5444	0,3010	2,3157	1,2803
		Industria	0,1832	0,1013		
		Residencial	1,4013	0,7747		
		Primario	0,0057	0,0031		
	Ámbitos que dependen del ayuntamiento	Edificios, equipamientos e instalaciones municipales	0,3700	0,2046		
		Alumbrado público	0,0787	0,0435		
		Total	2,5833	1,4282		
Valladolid	Ámbitos que no dependen del Ayuntamiento	Servicios	0,2988	0,0114	1,2418	0,0473
		Industria	1,7980	0,0685		
		Residencial	0,8843	0,0337		
		Primario	-	-		
	Ámbitos que dependen del ayuntamiento	Edificios, equipamientos e instalaciones municipales	0,0587	0,0022		
		Alumbrado público	0,0565	0,0022		
		Total	3,0964	0,1180		

Tabla 16. Tabla resumen del consumo eléctrico y de las emisiones de GEI en los municipios (1º parte). Elaboración propia.

Municipio	Ámbito	Sector	Consumo eléctrico (MWh/pers)	Emisiones GEI (tCO2e/pers)	Total edificios	
					Consumo eléctrico (MWh/pers)	Emisiones GEI (tCO2e/pers)
Barcelona	Ámbitos que no dependen del Ayuntamiento	Servicios	-	1,0230	-	**1,5520***
		Industria	-	-		
		Residencial	-	0,5290		
		Primario	-	-		
	Ámbitos que dependen del ayuntamiento	Edificios, equipamientos e instalaciones municipales	-	-		
		Alumbrado público	-	-		
		Total	-	1,5520		
Madrid	Ámbitos que no dependen del Ayuntamiento	Servicios	-	-	-	-
		Industria	-	-		
		Residencial	-	-		
		Primario	-	-		
	Ámbitos que dependen del ayuntamiento	Edificios, equipamientos e instalaciones municipales	-	-		
		Alumbrado público	-	-		
		Total	-	-		
Alicante	Ámbitos que no dependen del Ayuntamiento	Servicios	-	-	-	-
		Industria	-	-		
		Residencial	-	-		
		Primario	-	-		
	Ámbitos que dependen del ayuntamiento	Edificios, equipamientos e instalaciones municipales	-	-		
		Alumbrado público	-	-		
		Total	-	-		
Valencia	Ámbitos que no dependen del Ayuntamiento	Servicios	1,4973	0,1743	2,8614	0,3331
		Industria	0,1135	0,0132		
		Residencial	1,2465	0,1451		
		Primario	-	-		
	Ámbitos que dependen del ayuntamiento	Edificios, equipamientos e instalaciones municipales	0,1176	0,0137		
		Alumbrado público	0,0944	0,0110		
		Total	3,0693	0,3572		
La Coruña	Ámbitos que no dependen del Ayuntamiento	Servicios	1,5095	0,1606	3,2254	0,3431
		Industria	6,4009	0,6808		
		Residencial	1,6660	0,1772		
		Primario	0,0021	0,0002		
	Ámbitos que dependen del ayuntamiento	Edificios, equipamientos e instalaciones municipales	0,0499	0,0053		
		Alumbrado público	0,0988	0,0105		
		Total	9,7273	1,0346		
Murcia	Ámbitos que no dependen del Ayuntamiento	Servicios	1,4987	0,1744	3,0900	0,3596
		Industria	1,1859	0,1380		
		Residencial	1,5280	0,1778		
		Primario	-	-		
	Ámbitos que dependen del ayuntamiento	Edificios, equipamientos e instalaciones municipales	0,0633	0,0074		
		Alumbrado público	0,0891	0,0104		
		Total	4,3649	0,5079		
Bilbao	Ámbitos que no dependen del Ayuntamiento	Servicios	1,5716	0,0666	**2,7338***	0,1158
		Industria	0,0959	0,0046		
		Residencial	1,1622	0,0492		
		Primario	-	-		
	Ámbitos que dependen del ayuntamiento	Edificios, equipamientos e instalaciones municipales	-	-		
		Alumbrado público	-	-		
		Total	2,8297	0,1203		
Vitoria	Ámbitos que no dependen del Ayuntamiento	Servicios	-	-	-	-
		Industria	-	-		
		Residencial	-	-		
		Primario	-	-		
	Ámbitos que dependen del ayuntamiento	Edificios, equipamientos e instalaciones municipales	-	-		
		Alumbrado público	-	-		
		Total	-	-		

Tabla 17. Tabla resumen del consumo eléctrico y de las emisiones de GEI en los municipios (continuación). Elaboración propia.

En las columnas de la derecha se encuentra la sumatoria de los consumos energéticos y de las emisiones de CO_2 equivalentes por persona. En estos totales se han incluido, únicamente, los datos referidos a edificios residenciales, a los de servicios y todos los municipales. Como podemos ver, Palma es el municipio, de los que se tiene datos, que más electricidad consume per cápita, **3,76 MWh/pers**, siendo, también, el que más emisiones de CO_2 equivalentes emite, **1,46 tCO_2e/pers**. Todo esto sin tener en cuenta el total de emisiones proporcionado por Barcelona, **1,55 tCO_2e/pers,** en cuyo caso, sería la mayor emisora de estos gases. Sin embargo, al no conocer la relación existente entre estas y el consumo energético, se concluye que Palma es el municipio que más electricidad consume y más emisiones produce atendiendo únicamente a lo que electricidad se refiere.

Por otro lado, se encuentra que Valladolid es el menor consumidor de electricidad con un total de **1,24 MWh/pers** así como el menor emisor de GEI, no llegando a alcanzar la media tonelada por persona y siendo el dato final **0,05 tCO_2e/pers** quedándose muy lejos de la tonelada y media de Barcelona y del resto de municipios en sí. Esto se debe a que el mix eléctrico de Castilla y León y, por tanto, de Valladolid, es muy limpio, suponiendo la emisión de GEI por MWh mucho menor que las demás.

En el gráfico adjunto a continuación, se puede ver en qué proporción cada sector de cada municipio consume esta electricidad. Se observa que, a niveles generales, el sector residencial es el mayor consumidor, aunque el de servicios se encuentra muy cerca en la mayoría de los casos. Palma vuelve a encabezar la lista en el sector residencial, mientras que en el de servicios y el municipal se encuentra primero Granada. Cabe destacar que, en Zaragoza, la electricidad empleada en el ámbito municipal procede de energías limpias, por lo que su consumo quedará reflejado en el apartado de “Energías Renovables”.

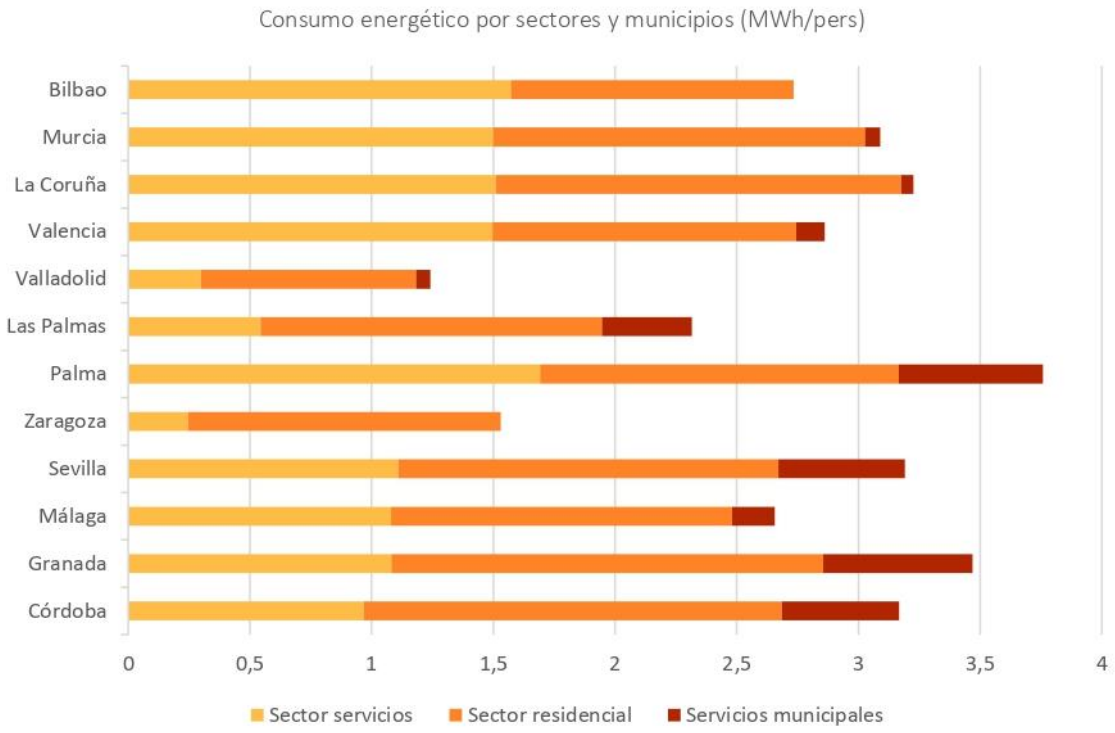

Figura 18. Consumo energético por sectores y municipios (MWh/persona). Elaboración propia.

En la figura adjunta, se muestran las emisiones per cápita totales y sectorizadas. Se observa claramente cómo Barcelona emite unas cantidades de CO_2e muy elevadas en comparación con el resto de los municipios, sobre todo si se comparan con Valladolid y teniendo en cuenta que las emisiones producidas por el sector municipal en Barcelona, no se nos fueron proporcionadas. Aunque Barcelona sea la principal emisora, desconocemos su consumo energético, por lo que no podemos contrastar estos dos datos.

Las islas son las que más emisiones producen después de Barcelona, y cabe destacar que, en el caso de Las Palmas, no es de las que más energía consume. Esto se debe al mix eléctrico de las Islas Canarias, que como ya se ha visto en la Tabla 4.2.2, es el menos limpio de toda España.

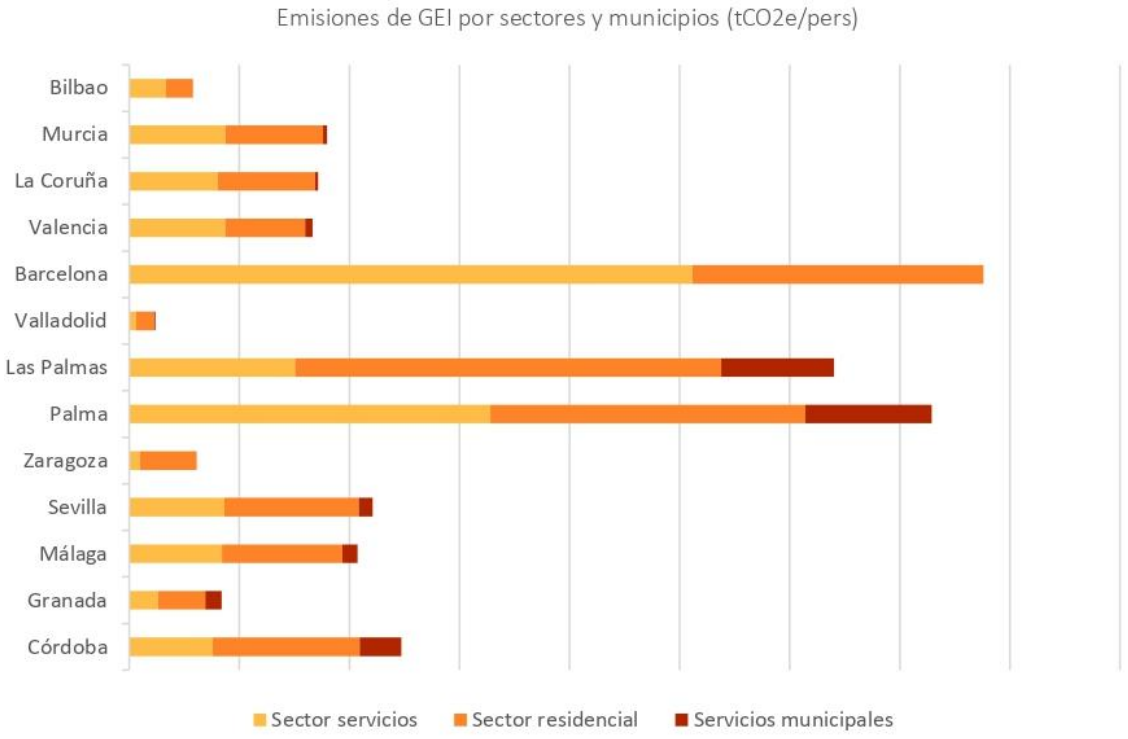

Figura 19. Emisiones de GEI por sectores y municipios (tCO_2e/persona). Elaboración propia.

Determinación de las emisiones producidas por combustibles fósiles

Al consumo eléctrico hay que añadir el consumo energético procedente de combustibles fósiles, que, a día de hoy, constituyen la mayoría del consumo energético de los municipios y, por tanto, del país. Son muy variados los utilizados en España para la producción de energía. Para la realización de este estudio, se han tomado los datos obtenidos a partir de las fuentes ya mencionadas anteriormente y se han extraído los combustibles fósiles empleados en cada municipio. A continuación, se realiza un estudio pormenorizado de cada municipio estudiado para extraer conclusiones más claramente. La metodología seguida es la misma que en el apartado de consumo eléctrico, utilizando la misma sectorización y obteniendo un dato final de cada municipio.

Córdoba

El municipio de Córdoba hace uso de tres de los combustibles fósiles del total estudiado. En su caso, estamos hablando de Gas Natural, Gasóleo C y GLP. En la tabla adjunta se encuentran recogidos los datos tanto de consumo como de emisiones de CO_2 equivalentes por persona, así como la sumatoria, únicamente de edificios, de ambos campos estudiados. El ámbito municipal se encuentra vacío porque no ha sido

posible localizar esta información, por lo que el dato final no incluye ni este consumo ni estas emisiones.

Municipio	Ámbito	Sector	Combustibles fósiles						Emisiones de GEI sector residencial (tCO2e/pers)	Emisiones de GEI sector servicios (tCO2e/pers)	Emisiones de GEI edificios municipales (tCO2e/pers)	Emisiones de GEI totales en edificios (tCO2e/pers)
			Gas natural		Gasóleo C		GLP (gas líquido)					
			Consumo energético (Mwh/pers)	Emisiones (tCO2e/pers)	Consumo energético (Mwh/pers)	Emisiones (tCO2e/pers)	Consumo energético (Mwh/pers)	Emisiones (tCO2e/pers)				
Córdoba	Ámbitos que no dependen del Ayuntamiento	Servicios	0,9073	0,1831	0,0141	0,0041	0,0186	0,0042	0,1503	0,1913	-	**0,3416***
		Residencial	0,2667	0,0538	0,0633	0,0183	0,3446	0,0782				
	Ámbitos que dependen del ayuntamiento	Edificios, equipamientos e instalaciones municipales	-	-	-	-	-	-				
	Total		1,174	0,2369	0,0774	0,0224	0,3632	0,0824				

Tabla 18. Consumo energético y emisiones de GEI del municipio de Córdoba. Elaboración propia.

Como se puede observar en la tabla, entre los dos sectores estudiados, el sector servicios produce más emisiones que el residencial; la mayoría de estas procede del consumo del gas natural, que es también el más utilizado en viviendas. Esto se traduce en unas emisiones finales de **0,3416 tCO_2e/pers**.

Granada

El caso de Granada es similar al de Córdoba, consumiendo Gas Natural, Gasóleo C y GLP. Al igual que el caso anterior y dado que la fuente de datos es la misma, no conocemos ni el consumo energético ni las emisiones del ámbito municipal. Se adjunta la tabla resumen de datos a continuación.

Municipio	Ámbito	Sector	Combustibles fósiles						Emisiones de GEI sector residencial (tCO2e/pers)	Emisiones de GEI sector servicios (tCO2e/pers)	Emisiones de GEI edificios municipales (tCO2e/pers)	Emisiones de GEI totales en edificios (tCO2e/pers)
			Gas natural		Gasóleo C		GLP (gas líquido)					
			Consumo energético (Mwh/pers)	Emisiones (tCO2e/pers)	Consumo energético (Mwh/pers)	Emisiones (tCO2e/pers)	Consumo energético (Mwh/pers)	Emisiones (tCO2e/pers)				
Granada	Ámbitos que no dependen del Ayuntamiento	Servicios	0,5492	0,1118	0,2666	0,0691	0,0557	0,0124	0,2114	0,1933	-	**0,4047***
		Residencial	0,5065	0,1031	0,0722	0,0187	0,4018	0,0896				
	Ámbitos que dependen del ayuntamiento	Edificios, equipamientos e instalaciones municipales	-	-	-	-	-	-				
	Total		1,0557	0,2149	0,3388	0,0878	0,4575	0,102				

Tabla 19. Consumo energético y emisiones de GEI del municipio de Granada. Elaboración propia.

En este caso, el sector residencial emite más GEI que el de servicios; de nuevo, el combustible fósil más empleado es el gas natural y la sumatoria de todo nos proporciona un total de emisiones finales de **0,4047 tCO_2e/pers**.

Málaga

Málaga consume, al igual que los otros municipios andaluces, gas natural y GLP. Además, según los datos proporcionados por la Junta de Andalucía, hace uso de otros combustibles fósiles que no se corresponden con los estudiados en el resto de los municipios (carbón, fuelóleo, gas natural, gasóleo C, GLP y Diésel) y que no se

especifican cuáles son. Se adjunta la correspondiente tabla a continuación. A diferencia de sus compañeras, de Málaga sí conocemos los datos del consumo y las emisiones municipales, por lo que sí que se adjuntan en la tabla mencionada.

Municipio	Ámbito	Sector	Combustibles fósiles						Emisiones de GEI sector residencial (tCO2e/pers)	Emisiones de GEI sector servicios (tCO2e/pers)	Emisiones de GEI edificios municipales (tCO2e/pers)	Emisiones de GEI totales en edificios (tCO2e/pers)
			Gas natural		GLP (gas líquido)		Otros					
			Consumo energético (Mwh/pers)	Emisiones (tCO2e/pers)	Consumo energético (Mwh/pers)	Emisiones (tCO2e/pers)	Consumo energético (Mwh/pers)	Emisiones (tCO2e/pers)				
Málaga	Ámbitos que no dependen del Ayuntamiento	Servicios	0,1164	0,0235	0,0327	0,0074	0,0746	0,0246	0,1035	0,0556	0,004	**0,1631**
		Residencial	0,2328	0,047	0,249	0,0565	0	0				
	Ámbitos que dependen del ayuntamiento	Edificios, equipamientos e instalaciones municipales	0,0083	0,0017	0,0102	0,0023	0	0				
	Total		0,3575	0,0722	0,2919	0,0662	0,0746	0,0246				

Tabla 20. Consumo energético y emisiones de GEI del municipio de Málaga. Elaboración propia.

Al igual que en Granada, el sector más emisor es el residencial y de nuevo el combustible más utilizado es el gas natural. En este caso, el dato final obtenido, incluyendo ya el ámbito municipal, es de **0,1631 tCO_2e/pers**, mucho menor que el de restos de municipios andaluces, lo que se puede deber al mayor uso de fuentes renovables por parte del municipio malagueño.

Sevilla

Al igual que Córdoba y Granada, Sevilla carece de los datos de consumo y emisiones del ámbito municipal.

Municipio	Ámbito	Sector	Combustibles fósiles						Emisiones de GEI sector residencial (tCO2e/pers)	Emisiones de GEI sector servicios (tCO2e/pers)	Emisiones de GEI edificios municipales (tCO2e/pers)	Emisiones de GEI totales en edificios (tCO2e/pers)
			Gas natural		Gasóleo C		GLP (gas líquido)					
			Consumo energético (Mwh/pers)	Emisiones (tCO2e/pers)	Consumo energético (Mwh/pers)	Emisiones (tCO2e/pers)	Consumo energético (Mwh/pers)	Emisiones (tCO2e/pers)				
Sevilla	Ámbitos que no dependen del Ayuntamiento	Servicios	0,2669	0,0536	0,0049	0,0016	0,0172	0,0038	0,1174	0,0590	-	**0,1763***
		Residencial	0,2302	0,0462	0,021	0,0067	0,2898	0,0645				
	Ámbitos que dependen del ayuntamiento	Edificios, equipamientos e instalaciones municipales	-	-	-	-	-	-				
	Total		0,4971	0,0998	0,0259	0,0083	0,307	0,0683				

Tabla 21. Consumo energético y emisiones de GEI del municipio de Sevilla. Elaboración propia.

El sector que más consume entre los dos estudiados vuelve a ser residencial, aunque, esta vez, es el GLP el combustible más consumido y el que más emisiones produce. Esto nos deja con un total de **0,1763 tCO_2e/pers**, siendo superior, también, a las emisiones de Málaga.

Zaragoza

De todos los municipios recogidos hasta el momento, Zaragoza es el primero en utilizar el fuelóleo y el diésel como fuente de energía en edificios. Además de estos, es consumidor de gas natural y gasóleo C.

Municipio	Ámbito	Sector	Combustibles fósiles				Emisiones de GEI sector residencial (tCO2e/pers)	Emisiones de GEI sector servicios (tCO2e/pers)	Emisiones de GEI edificios municipales (tCO2e/pers)	Emisiones de GEI totales en edificios (tCO2e/pers)
			Gas natural		Diesel					
			Consumo energético (Mwh/pers)	Emisiones (tCO2e/pers)	Consumo energético (Mwh/pers)	Emisiones (tCO2e/pers)				
Zaragoza	Ámbitos que no dependen del Ayuntamiento	Servicios	0,1973	0,0398	0,0212	0,0052	0,7309	0,0451	0,014	0,79
		Residencial	2,9805	0,6019	0,4833	0,1289				
	Ámbitos que dependen del ayuntamiento	Edificios, equipamientos e instalaciones municipales	0,0508	0,0103	0,015	0,0037				
	Total		3,2286	0,652	0,5195	0,1378				

Tabla 22. Consumo energético y emisiones de GEI del municipio de Zaragoza. Elaboración propia.

Según el **"Plan de Acción por el Clima y la Energía Sostenible del Municipio de Zaragoza 2030",** el consumo energético del sector residencial en el municipio ha aumentado considerablemente a lo largo de los años, sin embargo, la incorporación de fuentes renovables en el mix nacional y el desuso de combustibles fósiles ha resultado en una reducción de emisiones. Como se observa en la tabla, el sector residencial es el principal emisor y la principal fuente no renovable vuelve a ser el gas natural. El dato final obtenido es de **0,9279 tCO_2e/pers,** siendo el dato más elevado hasta ahora.

Palma

Palma, al igual que la mayoría de los municipios, se caracteriza por adquirir parte de su energía del gas natural, gasóleo C y GLP como se ve en la tabla adjunta.

Municipio	Ámbito	Sector	Combustibles fósiles						Emisiones de GEI sector residencial (tCO2e/pers)	Emisiones de GEI sector servicios (tCO2e/pers)	Emisiones de GEI edificios municipales (tCO2e/pers)	Emisiones de GEI totales en edificios (tCO2e/pers)
			Gas natural		Gasóleo C		GLP (gas líquido)					
			Consumo energético (Mwh/pers)	Emisiones (tCO2e/pers)	Consumo energético (Mwh/pers)	Emisiones (tCO2e/pers)	Consumo energético (Mwh/pers)	Emisiones (tCO2e/pers)				
Palma	Ámbitos que no dependen del Ayuntamiento	Servicios	0,5832	0,1176	0,1422	0,0374	0,1285	0,0301	0,2150	0,1850	-	**0,4000***
		Residencial	0,6545	0,132	0,1147	0,0301	0,2261	0,0529				
	Ámbitos que dependen del ayuntamiento	Edificios, equipamientos e instalaciones municipales	-	-	-	-	-	-				
	Total		1,2377	0,2496	0,2569	0,0675	0,3546	0,083				

Tabla 23. Consumo energético y emisiones de GEI del municipio de Palma. Elaboración propia.

El sector residencial vuelve a emitir más GEI que el de servicios siendo el gas natural el combustible líder. Los datos correspondientes al Ayuntamiento vuelven a no estar disponibles y todo esto nos deja un dato final de **0,4000 tCO_2e/pers**, dato mayor que los municipios andaluces en las mismas condiciones.

Las Palmas de Gran Canaria

El municipio hace uso de GLP y diésel. En el sector servicios, el GLP utilizado es, en su mayoría, de propano y se utiliza en hoteles y comercios; en el residencial, su uso se asocia a cocinas y calefacción.

Municipio	Ámbito	Sector	Combustibles fósiles				Emisiones de GEI sector residencial (tCO2e/pers)	Emisiones de GEI sector servicios (tCO2e/pers)	Emisiones de GEI edificios municipales (tCO2e/pers)	Emisiones de GEI totales en edificios (tCO2e/pers)
			GLP		Diesel					
			Consumo energético (Mwh/pers)	Emisiones (tCO2e/pers)	Consumo energético (Mwh/pers)	Emisiones (tCO2e/pers)				
Las Palmas de Gran Canaria	Ámbitos que no dependen del Ayuntamiento	Servicios	0,0652	0,0148	0,0000	0,0000	0,0510	0,0148	0,0005	**0,0663**
		Residencial	0,2243	0,0510	0,0000	0,0000				
	Ámbitos que dependen del ayuntamiento	Edificios, equipamientos e instalaciones municipales	0,0000	0,0000	0,0019	0,0005				
	Total		0,2895	0,0658	0,0019	0,0005				

Tabla 24. Consumo energético y emisiones de GEI del municipio de Las Palmas de Gran Canaria. Elaboración propia.

En la tabla se observa la predominancia de las emisiones del sector servicios frente a las de los otros dos grupos, el GLP es el combustible por excelencia y, en total, las emisiones producidas por el consumo energético de estas fuentes no renovables en edificios se reducen a **0,0663 tCO_2e/pers.**

Valladolid

El municipio castellanoleonés usa gas natural, gasóleo C y GLP.

Municipio	Ámbito	Sector	Combustibles fósiles						Emisiones de GEI sector residencial (tCO2e/pers)	Emisiones de GEI sector servicios (tCO2e/pers)	Emisiones de GEI edificios municipales (tCO2e/pers)	Emisiones de GEI totales en edificios (tCO2e/pers)
			Gas natural		Gasóleo C		GLP (gas líquido)					
			Consumo energético (Mwh/pers)	Emisiones (tCO2e/pers)	Consumo energético (Mwh/pers)	Emisiones (tCO2e/pers)	Consumo energético (Mwh/pers)	Emisiones (tCO2e/pers)				
Valladolid	Ámbitos que no dependen del Ayuntamiento	Servicios	1,4065	0,2841	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,5415	0,2841	0,0274	**0,8530**
		Residencial	2,0657	0,4173	0,4247	0,1138	0,0457	0,0104				
	Ámbitos que dependen del ayuntamiento	Edificios, equipamientos e instalaciones municipales	0,1356	0,0274	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000				
	Total		3,6078	0,7288	0,4247	0,1138	0,0457	0,0104				

Tabla 25. Consumo energético y emisiones de GEI del municipio de Valladolid. Elaboración propia.

Vuelve a repetirse la misma tendencia que en la mayoría de los municipios analizados previamente, en la que el sector residencial vuelve a ser el mayor emisor y el gas natural la principal fuente de energía no renovable. El dato final obtenido es de **0,8530 tCO_2e/pers.**

Barcelona

Barcelona es un caso excepcional en el que ocurre lo mismo que ocurría con este mismo municipio en el apartado de electricidad, y es que solo tenemos los datos de las emisiones y no los del consumo y, en su caso, de las correspondientes al consumo de gas natural, gasóleo C y GLP. Las emisiones asociadas al ayuntamiento tampoco se encuentran disponibles para Barcelona.

Municipio	Ámbito	Sector	Combustibles fósiles						Emisiones de GEI sector residencial (tCO2e/pers)	Emisiones de GEI sector servicios (tCO2e/pers)	Emisiones de GEI edificios municipales (tCO2e/pers)	Emisiones de GEI totales en edificios (tCO2e/pers)
			Gas natural		Gasóleo C		GLP (gas líquido)					
			Consumo energético (Mwh/pers)	Emisiones (tCO2e/pers)	Consumo energético (Mwh/pers)	Emisiones (tCO2e/pers)	Consumo energético (Mwh/pers)	Emisiones (tCO2e/pers)				
Barcelona	Ámbitos que no dependen del Ayuntamiento	Servicios	-	0,123	-	0,0180	-	0,0070	0,3040	0,1480	-	**0,4520**
		Residencial	-	0,278	-	0,0050	-	0,0210				
	Ámbitos que dependen del ayuntamiento	Edificios, equipamientos e instalaciones municipales	-	-	-	0,0000	-	-				
	Total		-	0,401	-	0,0230	-	0,0280				

Tabla 26. Consumo energético y emisiones de GEI del municipio de Barcelona. Elaboración propia.

El sector residencial y el gas natural vuelven a ser el más emisor y el combustible más consumido. El dato de emisiones finales es de **0,4520 tCO_2e/pers**

Madrid

No se tienen datos del consumo ni de las emisiones relacionadas con el consumo energético de fuentes no renovables, sólo se tiene dato de emisiones y consumo final que se analizará más adelante.

Valencia

El consumo energético de fuentes no renovables de Valencia se limita al gas natural y al gasóleo C como se puede ver en la tabla correspondiente.

Municipio	Ámbito	Sector	Combustibles fósiles				Emisiones de GEI sector residencial (tCO2e/pers)	Emisiones de GEI sector servicios (tCO2e/pers)	Emisiones de GEI edificios municipales (tCO2e/pers)	Emisiones de GEI totales en edificios (tCO2e/pers)
			Gas natural		Gasóleo C					
			Consumo energético (Mwh/pers)	Emisiones (tCO2e/pers)	Consumo energético (Mwh/pers)	Emisiones (tCO2e/pers)				
Valencia	Ámbitos que no dependen del Ayuntamiento	Servicios	0,1478	0,0297	0,0000	0,0000	0,1342	0,0297	0,0021	**0,1660**
		Residencial	0,6675	0,1342	0,0000	0,0000				
	Ámbitos que dependen del ayuntamiento	Edificios, equipamientos e instalaciones municipales	0,0088	0,0018	0,0013	0,0003				
	Total		0,8241	0,1657	0,0013	0,0003				

Tabla 27. Consumo energético y emisiones de GEI del municipio de Valencia. Elaboración propia.

Se repite lo mismo que en otras ocasiones: el sector residencial es el mayor emisor y el gas natural el principal combustible. El dato final obtenido es **0,1660 tCO_2e/pers.**

La Coruña

Los datos disponibles de La Coruña son especialmente antiguos, ya que, como se ha visto en la tabla 4.2.1, datan del año 2009. En cualquier caso, en aquel año, el consumo energético procedente de fuentes no renovables se resumía en el uso de gas natural, gasóleo C y GLP.

Municipio	Ámbito	Sector	Combustibles fósiles						Emisiones de GEI sector residencial (tCO2e/pers)	Emisiones de GEI sector servicios (tCO2e/pers)	Emisiones de GEI edificios municipales (tCO2e/pers)	Emisiones de GEI totales en edificios (tCO2e/pers)
			Gas natural		Gasóleo C		GLP (gas líquido)					
			Consumo energético (Mwh/pers)	Emisiones (tCO2e/pers)	Consumo energético (Mwh/pers)	Emisiones (tCO2e/pers)	Consumo energético (Mwh/pers)	Emisiones (tCO2e/pers)				
La Coruña	Ámbitos que no dependen del Ayuntamiento	Servicios	0,2331	0,0471	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,5332	0,0522	0,0084	**0,5937**
		Residencial	0,6913	0,1396	0,8219	0,2195	0,7669	0,1741				
	Ámbitos que dependen del ayuntamiento	Edificios, equipamientos e instalaciones municipales	0,0396	0,008	0,0013	0,0004	0,0000	0,0000				
	Total		0,9640	0,1947	0,8232	0,2199	0,7669	0,1741				

Tabla 28. Consumo energético y emisiones de GEI del municipio de La Coruña. Elaboración propia.

Los edificios residenciales vuelven a ser los principales emisores de GEI, pero ahora es el gasóleo C el combustible más utilizado. Llama la atención que el dato final de emisiones sea **0,5937 tCO_2e/pers,** ya que, a pesar de estar manejando datos de una antigüedad considerable en cuanto a este estudio se refiere, las emisiones de los edificios son inferiores a las de otros municipios en fechas más actuales en las que el uso de fuentes de energía alternativas a los combustibles, como son las renovables, están más consolidadas.

Murcia

El municipio murciano se caracteriza por el consumo de energía no renovable procedente del gas natural, el gasóleo C y el GLP cuyo consumo y emisiones aparecen, de nuevo, en la tabla adjunta.

Municipio	Ámbito	Sector	Combustibles fósiles						Emisiones de GEI sector residencial (tCO2e/pers)	Emisiones de GEI sector servicios (tCO2e/pers)	Emisiones de GEI edificios municipales (tCO2e/pers)	Emisiones de GEI totales en edificios (tCO2e/pers)
			Gas natural		Gasóleo C		GLP (gas líquido)					
			Consumo energético (Mwh/pers)	Emisiones (tCO2e/pers)	Consumo energético (Mwh/pers)	Emisiones (tCO2e/pers)	Consumo energético (Mwh/pers)	Emisiones (tCO2e/pers)				
Murcia	Ámbitos que no dependen del Ayuntamiento	Servicios	0,2411	0,0487	0,0122	0,0033	0,0325	0,0075	0,1036	0,0595	0,0049	**0,1679**
		Residencial	0,2881	0,0582	0,0039	0,0010	0,1919	0,0443				
	Ámbitos que dependen del ayuntamiento	Edificios, equipamientos e instalaciones municipales	0,0037	0,0007	0,0150	0,0040	0,0008	0,0002				
	Total		0,5329	0,1076	0,0311	0,0083	0,2252	0,0520				

Tabla 29. Consumo energético y emisiones de GEI del municipio de Murcia. Elaboración propia.

Una vez más, el sector residencial es el principal responsable de las emisiones de los edificios del municipio con el gas natural como combustible más consumido. El dato final obtenido es de **0,1679 tCO_2e/pers.**

Bilbao

Los combustibles más utilizados para el consumo energético en Bilbao vuelven a conformar el trío conformado por el gas natural, el gasóleo C y el GLP. Vuelven a no estar disponibles los datos relacionados con el consumo y las emisiones del ayuntamiento de Bilbao, por lo que la sumatoria no podrá incluir este dato.

Municipio	Ámbito	Sector	Combustibles fósiles						Emisiones de GEI sector residencial (tCO2e/pers)	Emisiones de GEI sector servicios (tCO2e/pers)	Emisiones de GEI edificios municipales (tCO2e/pers)	Emisiones de GEI totales en edificios (tCO2e/pers)
			Gas natural		Gasóleo C		GLP (gas líquido)					
			Consumo energético (Mwh/pers)	Emisiones (tCO2e/pers)	Consumo energético (Mwh/pers)	Emisiones (tCO2e/pers)	Consumo energético (Mwh/pers)	Emisiones (tCO2e/pers)				
Bilbao	Ámbitos que no dependen del Ayuntamiento	Servicios	1,039	0,212	0,1270	0,0340	0,0057	0,0010	0,2780	0,2470	-	**0,5250**
		Residencial	0,9964	0,203	0,2358	0,0640	0,0495	0,0110				
	Ámbitos que dependen del ayuntamiento	Edificios, equipamientos e instalaciones municipales	-	-	-	-	-	-				
	Total		2,0354	0,4150	0,3628	0,0980	0,0552	0,0120				

Tabla 30. Consumo energético y emisiones de GEI del municipio de Bilbao. Elaboración propia.

En este caso, aunque el sector residencial emita más GEI que el de servicios, están muy cerca y en ambos casos el principal combustible es el gas natural. El dato final obtenido es de **0,5250 tCO_2e/pers.**

De los municipios de Alicante y Vitoria, como ya se dijo anteriormente, no se tienen datos al respecto.

Para poder hacer una comparativa con sentido, se procede al análisis de los datos finales del total de energía consumida en edificios por medio de combustibles fósiles y de sus respectivas emisiones de CO_2 equivalentes observando, por un lado, los datos obtenidos sin tener en cuenta todo lo relacionado con los servicios municipales y, por otro, los totales de aquellas ciudades en las que sí se han podido obtener esta información.

En las figuras 4.2.3 y 4.2.4 se pueden observar los datos de emisiones de CO_2e/pers y el consumo energético del municipio en MWh/pers, así como la sectorización de estos datos teniendo en cuenta, únicamente, los sectores servicios y residencial. Para poder extraer conclusiones más claras, se realiza la comparativa entre los municipios de los que se poseen tanto los datos de emisiones, como el de consumo energético.

A partir de aquí se extrae la conclusión de que el municipio que mayores emisiones produce es Valladolid, seguido de Zaragoza, mientras que el que menos es Las Palmas de Gran Canaria. Sin embargo, Valladolid no es el que más energía consume, pues Zaragoza se le adelanta, consumiendo un total de 3,95 MWh/pers frente a los 2,54 MWh/pers de Zaragoza. En el resto de los municipios, el consumo y las emisiones asociadas van de la mano y no se producen diferencias como las que ya se han mencionado.

Sin lugar a dudas, el sector residencial es el principal emisor y consumidor de energía producida por combustibles fósiles, aunque en la mayoría de los municipios, a

excepción de Zaragoza, Las Palmas y La Coruña, el consumo y las emisiones de un sector y otro son bastante parecidos.

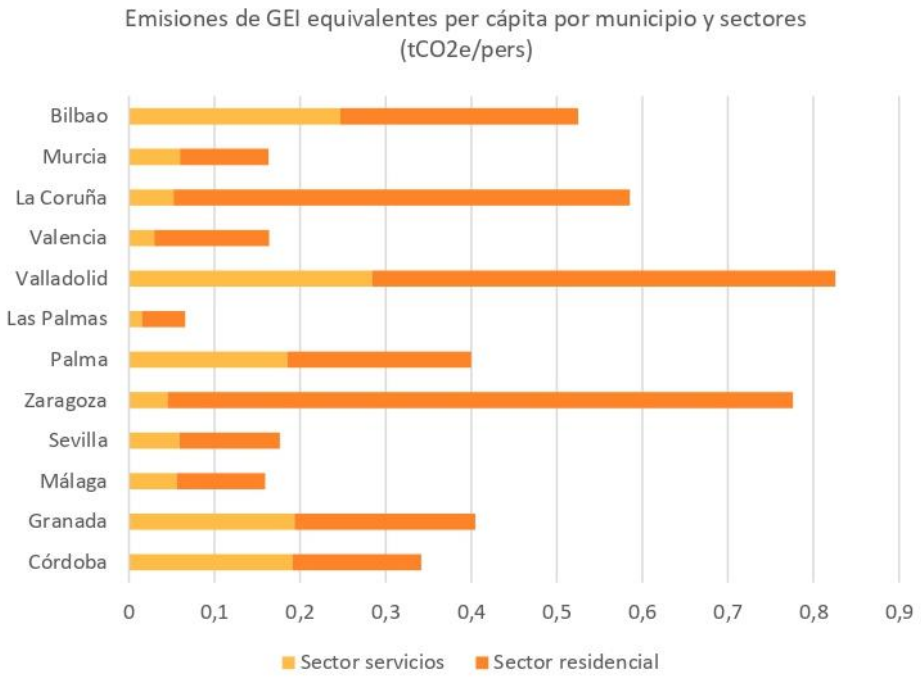

Figura 20. Emisiones de GEI equivalentes per cápita por municipio y sectores (tCO2e/persona). Elaboración propia.

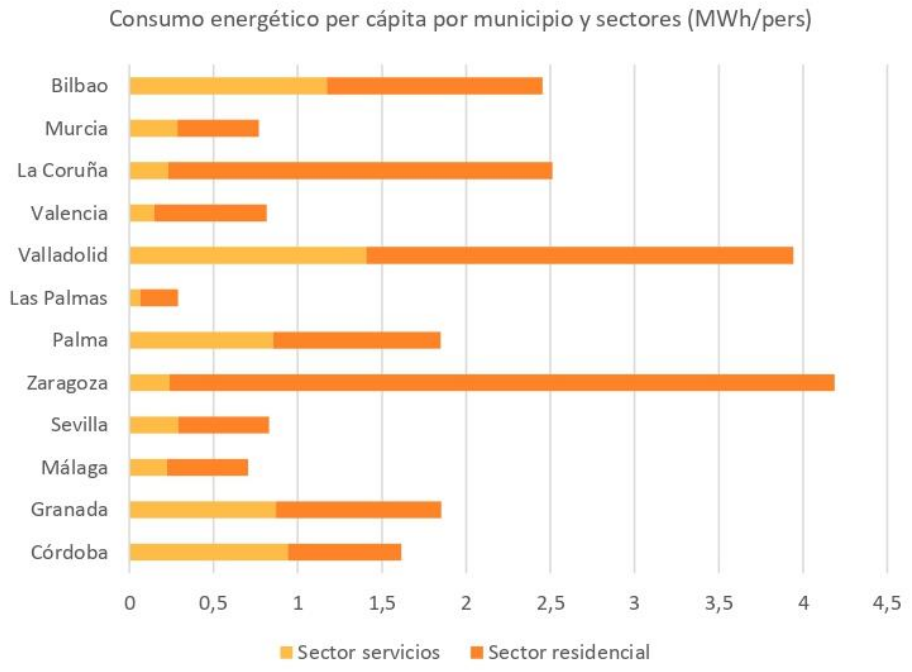

Figura 21. Consumo energético per cápita por municipio y sectores (MWh/persona). Elaboración propia.

Por otro lado, si incluimos los servicios municipales en los correspondientes municipios, veremos que se mantienen los mayores y menores consumidores y emisores variando, únicamente, los valores finales de dichas magnitudes.

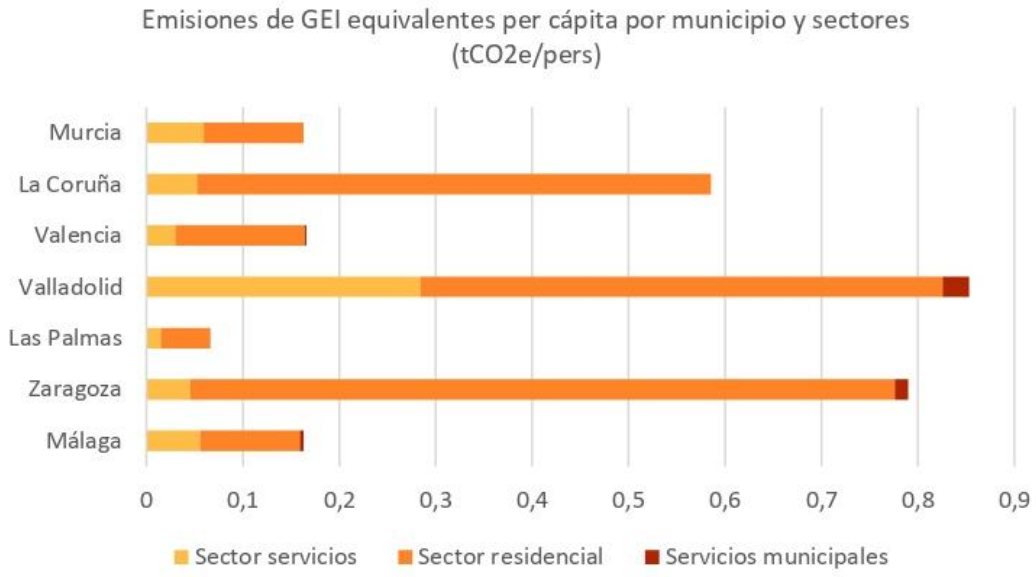

Figura 22. Emisiones de GEI equivalentes per cápita por municipio y sectores (tCO_2e/persona). Elaboración propia.

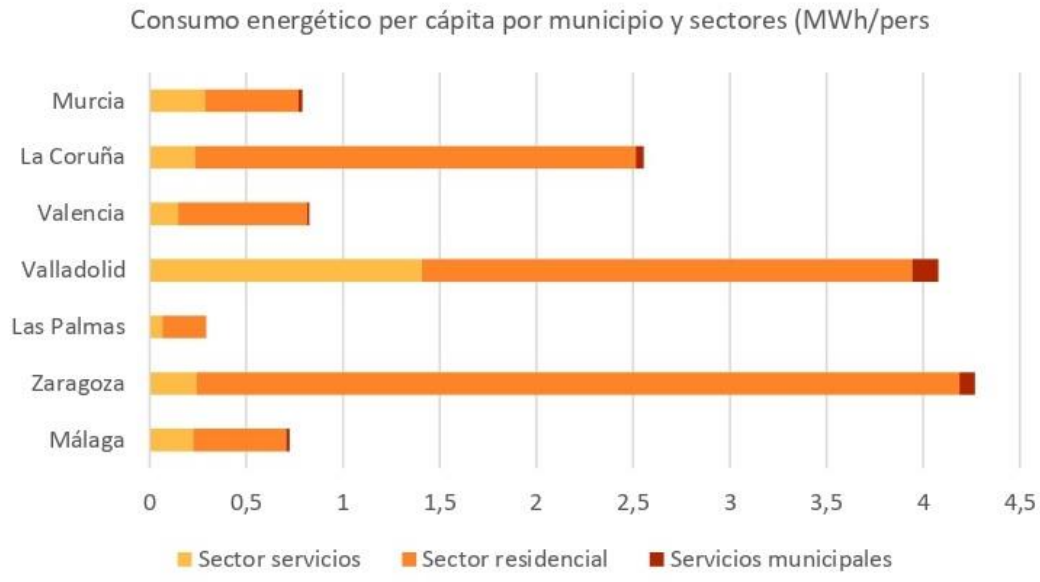

Figura 23. Consumo energético per cápita por municipio y sectores (MWh/persona). Elaboración propia.

Sector residencial

En cuanto a los combustibles fósiles responsables de las emisiones de GEI, se adjunta, a continuación, un gráfico en el que se muestra la proporción en la que las distintas

fuentes de energía no renovable producen estos gases. Como se puede observar, el gas natural es el principal encargado de estas emisiones, ya que es, a su vez, el que más se consume en casi todos los municipios. Después le sigue el GLP, que, en algunos casos, como es el de Las Palmas, Sevilla o Córdoba, es más consumido y, por tanto, produce más emisiones. Tras este, el Gasóleo C, que, aunque no es el más usado en general, sí lo es en La Coruña, aunque cabe recordar que los datos de este municipio son del 2009. Por último, se identifica el diésel, utilizado en Zaragoza y que, como se observa en el gráfico, emite más gases que el gas natural consumido en ese mismo municipio.

Por tanto, podemos recalcar que, aunque por ser el combustible más consumido, y produzca la mayoría de las emisiones, proporcionalmente emite menos gases GEI que el resto de los combustibles, ya que, como se observa en las figuras 4.2.7 y 4.2.8, la proporción de emisiones de CO_2eq/persona del gas natural es menor su proporción en el gráfico de consumo energético.

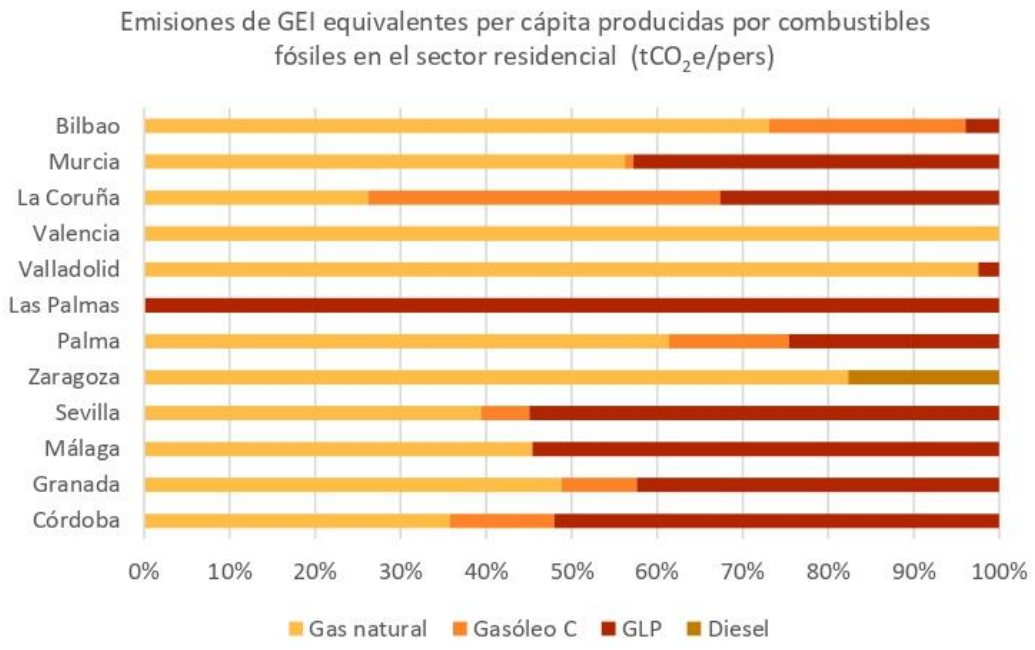

Figura 24. Emisiones de GEI equivalentes per cápita producidas por combustibles fósiles en el sector residencial (tCO_2e/persona).
Elaboración propia.

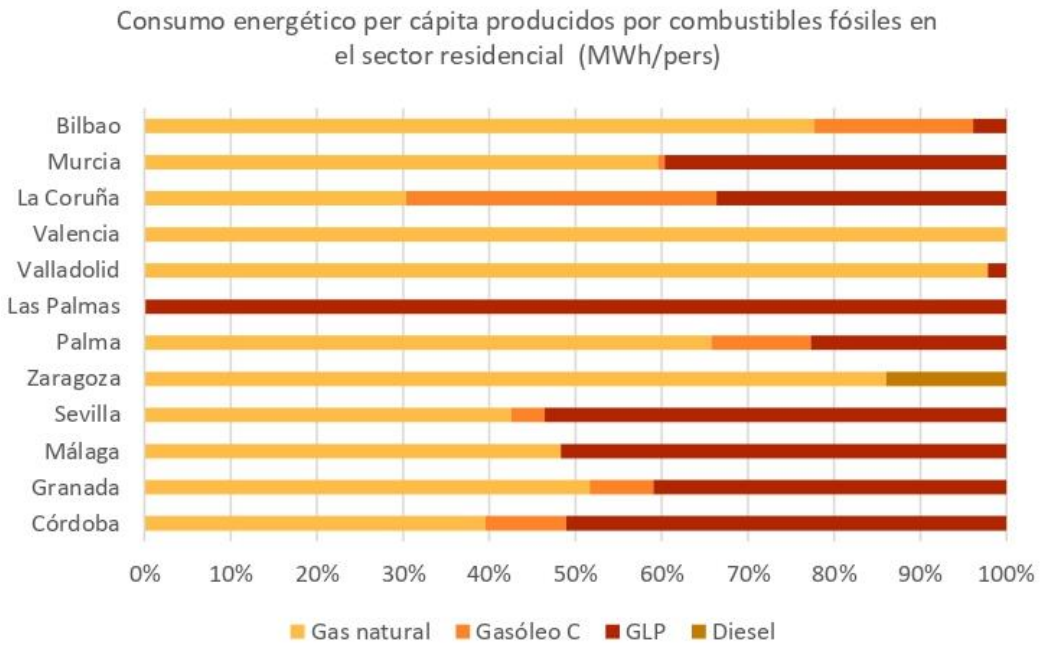

Figura 25. Consumo energético per cápita producido por combustibles fósiles en el sector residencial (MWh/persona).
Elaboración propia.

Sector servicios

Al igual que en el sector residencial, se adjuntan dos figuras para comparar la proporción de emisiones de GEI generadas por combustible fósil en cada municipio en el sector servicios y la energía consumida per cápita por cada uno de ellos. Al igual que en el sector residencial, se observa, en la figura 4.2.9, que el gas natural es el más consumido, a excepción de Las Palmas de Gran Canaria, donde el único combustible fósil del que se obtiene la energía es el GLP. Si se presta atención a la figura compañera, se puede observar que, en el municipio de Málaga, el combustible que más emisiones produce es el GLP, a pesar de no ser el más consumido. De nuevo, se llega a la conclusión de que, en la mayoría de los municipios, el uso de combustibles que no son el gas natural, produce un aumento en la producción de emisiones de gases efecto invernadero.

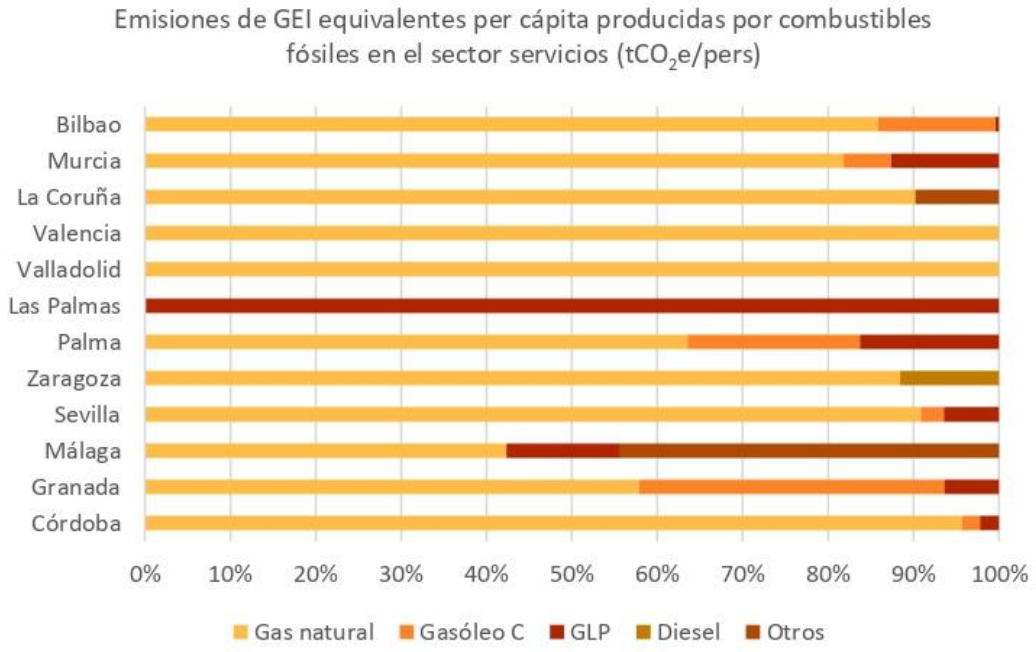

Figura 26. Emisiones de GEI equivalentes per cápita producidas por combustibles fósiles en el sector servicios (tCO_2e/persona).
Elaboración propia.

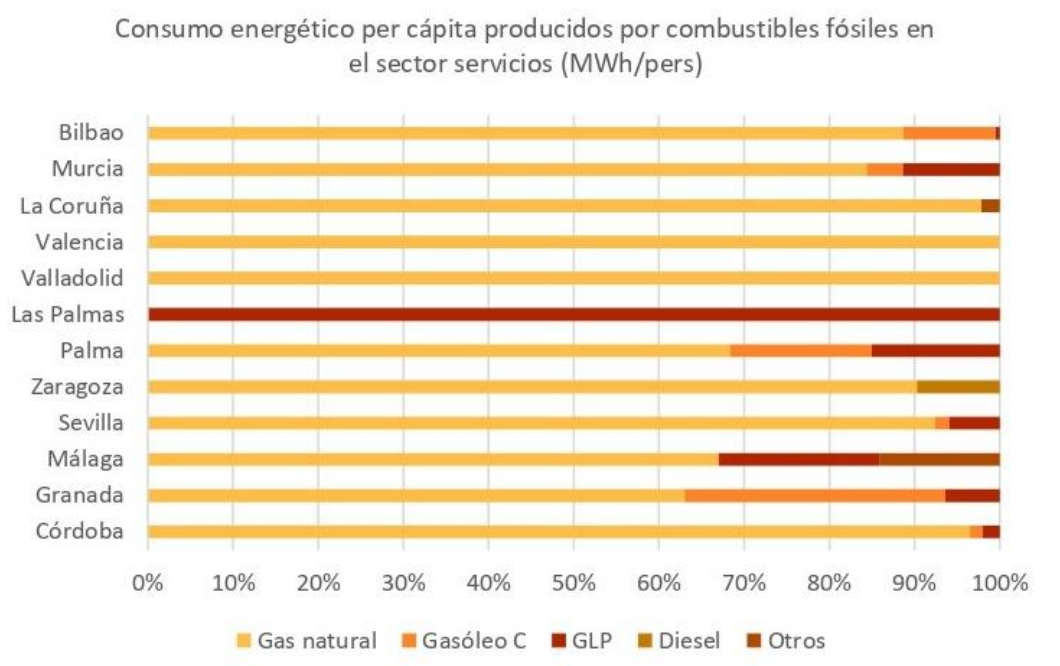

Figura 27. Consumo energético per cápita producido por combustibles fósiles en el sector servicios (MWh/persona).
Elaboración propia.

Servicios municipales

Por último, atendiendo únicamente a los servicios municipales y teniendo en cuenta únicamente los municipios que tienen disponible esta información, se adjuntan las dos figuras equivalentes a las mostradas en los sectores residencial y servicios. La tendencia es la misma que en los otros sectores, siendo el gas natural de nuevo el combustible fósil más consumido y, por tanto, el principal emisor de GEI. En este caso, solamente es notable en Zaragoza que el gas natural emite menos GEI que el resto de los combustibles, aunque también es ligeramente perceptible en el resto de los municipios.

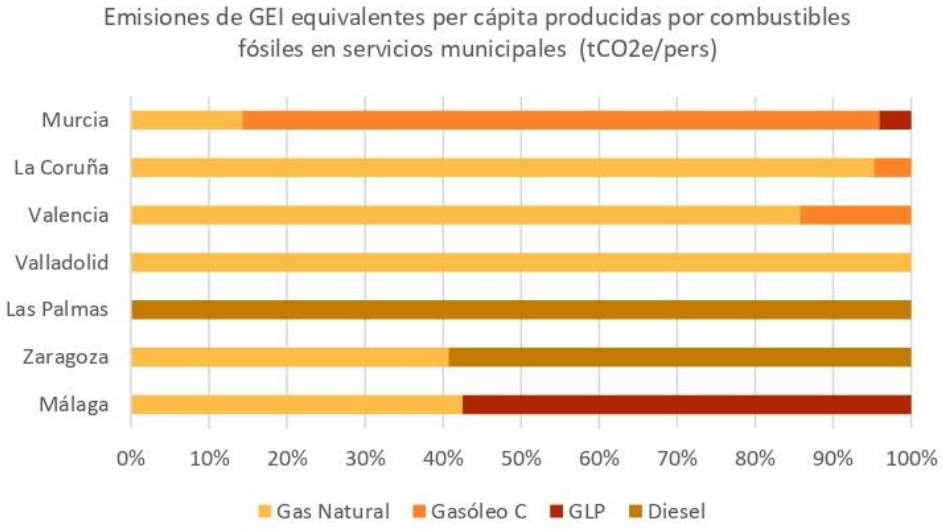

Figura 28. Emisiones de GEI equivalentes per cápita producidas por combustibles fósiles en servicios municipales (tCO_2e/persona).
Elaboración propia.

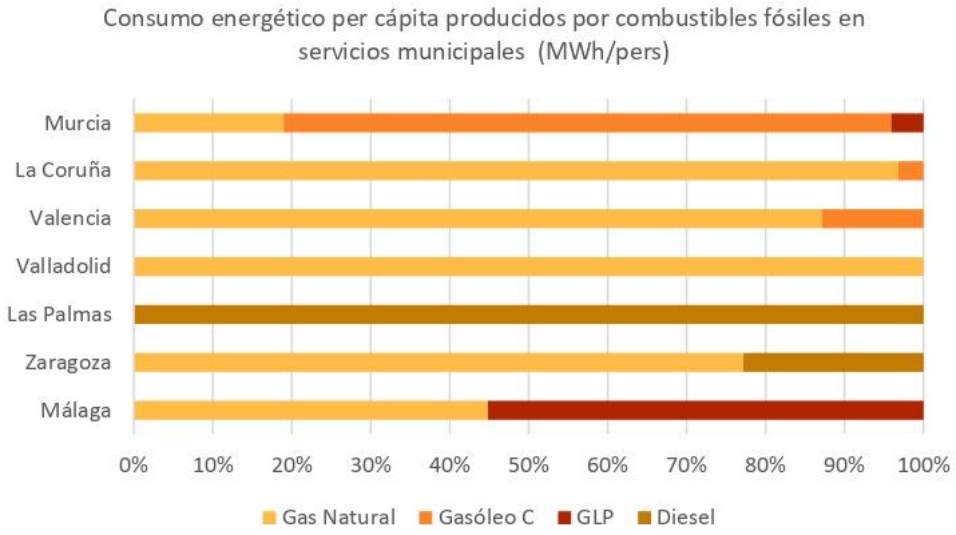

Figura 29. Consumo energético per cápita producido por combustibles fósiles en servicios municipales (MWh/persona).
Elaboración propia.

Determinación del consumo energético producido por energías renovables

Hoy en día el uso de fuentes de energía limpias y renovables se encuentra en alza y cada vez son más las ciudades que se comprometen a usarlas para adaptarse al cambio climático. A efectos de este estudio, se han obtenido los datos de consumo energético a través de fuentes de energía renovables de ocho de los dieciséis municipios que forman parte del objeto de estudio. Estos son Córdoba, Granada, Málaga, Sevilla, Zaragoza, Valladolid y Murcia. Las bases de datos son las mismas adjuntas en el apartado **"Extracción de datos"** de este documento y de ellas se extrae que las fuentes renovables asociadas al consumo energético de estos municipios son la biomasa, la energía solar térmica, la energía fotovoltaica y la energía eléctrica.

En la tabla adjunta se pueden ver, como en los apartados anteriores, el consumo energético per cápita medido en MWh/persona y dividido en los mismos sectores con los que se ha trabajado hasta el momento. La información de este apartado es menos precisa y escasa, lo que implica que en algunos de los municipios el único dato disponible sea el consumo energético de energía producida por fuentes renovables total por persona.

Como se observa en la tabla, solamente se puede obtener el dato del consumo energético a partir de fuentes de energía renovables en edificios en dos municipios. Estos son Zaragoza y Valladolid, que, casualmente, son aquellos con la información más precisa y accesible de todos los municipios analizados. En el caso de Zaragoza, toda la electricidad utilizada en el ámbito municipal procede de energías renovables, pues así se especifica en su "**Plan de Acción por el Clima y la Energía Sostenible del Municipio de Zaragoza 2030"** en el que también se puede observar el consumo de este grupo energético en el año 2015. Por entonces, la electricidad consumida en todo lo correspondiente al Ayuntamiento procedía de fuentes no renovables, es decir, su compromiso con el clima es real y viable, ya que así lo han demostrado datos objetivos.

En la figura Figura 30. Consumo energético de los edificios por grupo energético. Elaboración propia. se muestra en qué proporción los edificios de estos dos municipios consumen cada una de las fuentes energéticas estudiadas y de donde se extrae que el 10% de la energía consumida por los edificios de Zaragoza procede de fuentes renovables y que, en el caso de Valladolid, solo el 2% lo hace.

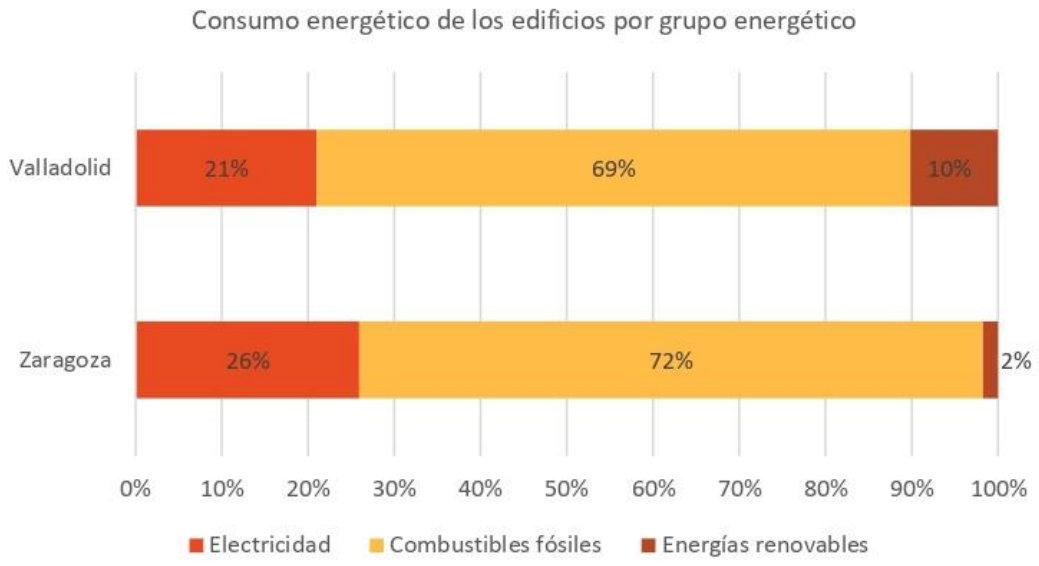

Figura 30. Consumo energético de los edificios por grupo energético. Elaboración propia.

Determinación de las emisiones finales de CO_2 equivalentes per cápita de los edificios

Tras la realización de estos estudios, se procede al cálculo del indicador, es decir, de las emisiones finales de CO_2 producida por los edificios en toneladas de CO_2 equivalentes por persona (tCO_2e/persona). La tabla 4.2.15 recoge, de manera sintetizada, el consumo energético por persona (MWh/persona) y las emisiones de GEI correspondientes a este consumo (tCO_2e/persona) de cada sector y grupo energético que influye en el cálculo del indicador, es decir, en el consumo y las emisiones de los edificios. Además de estos datos, se adjunta el año en el que se obtuvieron, así como la población del municipio en esa fecha, obtenida a través del Instituto Nacional de Estadística (INE).

A raíz de la falta de datos en relación al ámbito municipal, se han calculado dos grupos de datos: el primero de ellos hace referencia al total del consumo y emisiones excluyendo este sector, mientras que el segundo lo incluye; de esta manera, en el primer grupo podremos comparar todos los municipios entre sí, exceptuando Alicante y Bilbao por carencia de datos, mientras que el segundo grupo nos sirve para ver cómo fluctúan las emisiones, aunque no sería viable hacer una comparativa de los datos.

El consumo energético asociado a fuentes de energía renovables se ha excluido del resumen final ya que el indicador trata de calcular las emisiones de GEI y no el consumo energético; además, los municipios de los que se tiene esta información son muy pocos y no sería viable tenerlo en cuenta.

Extrapolando la información de la tabla resumen a gráficos, se puede obtener una visión más clara del indicador. En primer lugar, en la figura 4.2.14, se muestran las emisiones finales de GEI producidas por los edificios de cada municipio. Se han tenido en cuenta únicamente los datos referentes a los sectores residencial y de servicios. Podemos ver que, finalmente, el municipio de Palma es el que más emisiones produce, con un total de **1,63 tCO_2e/persona**, es decir que por cada habitante se emiten más de una tonelada y media de CO_2 a la atmósfera. Como ya se ha visto en apartados anteriores, el mix de Palma es de los menos limpios del país, por lo que tiene sentido que sean más las emisiones por MWh consumido.

A Palma le siguen Madrid y La Coruña, aunque los datos de ambos municipios son algo ambiguos dada la síntesis del primero de ellos y la antigüedad del segundo. En el otro extremo, encontramos que el municipio que menos emisiones de CO_2 equivalente per cápita en edificios produce es Barcelona, con un dato final de **0,45 tCO_2e/persona**, es decir, emite un 70% menos por persona que Palma. Granada tiene un dato muy similar, aunque algo superior al de Barcelona, pues las emisiones finales alcanzan las **0,50 tCO_2e/persona**, es decir, media tonelada por persona.

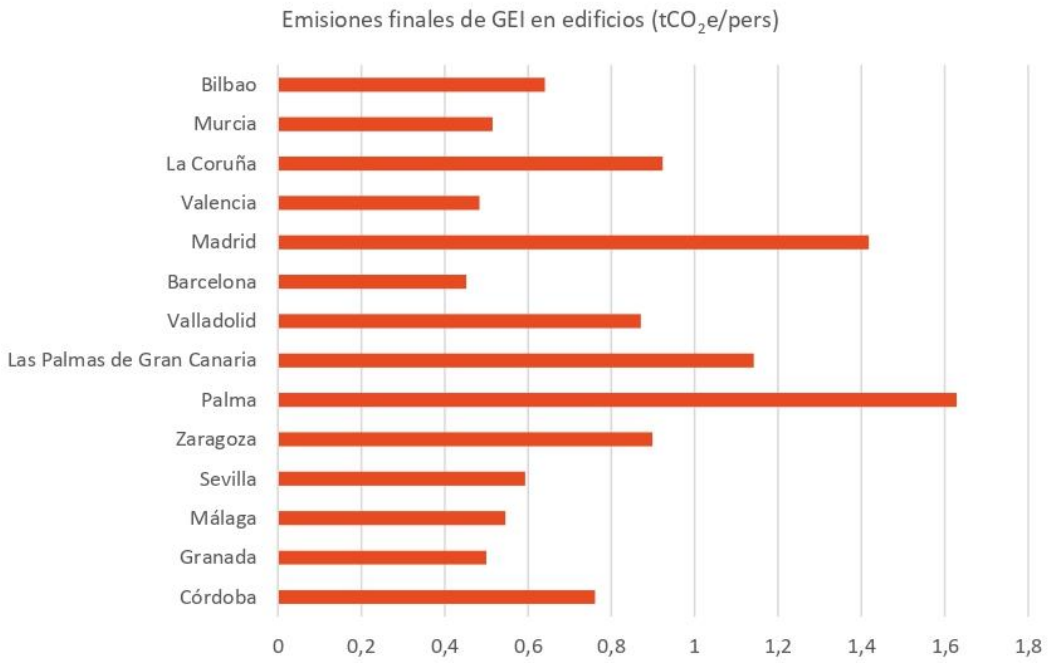

Figura 31. Emisiones finales de GEI en edificios (tCO2e/persona). Elaboración propia.

Todas estas emisiones proceden de los sectores ya mencionados y como se observa en la figuraFigura 32. Proporción de emisiones finales de GEI en edificios por sector. Elaboración propia., pertenecen, en su mayoría, al sector residencial. En doce de los trece municipios cuyos datos finales sectorizados se han podido obtener, quedando

excluidos Madrid, Alicante y Bilbao, los edificios residenciales sobrepasan el 50% de las emisiones de GEI totales producidas por edificios; solamente en Palma el sector servicios es el mayor emisor de gases efecto invernadero.

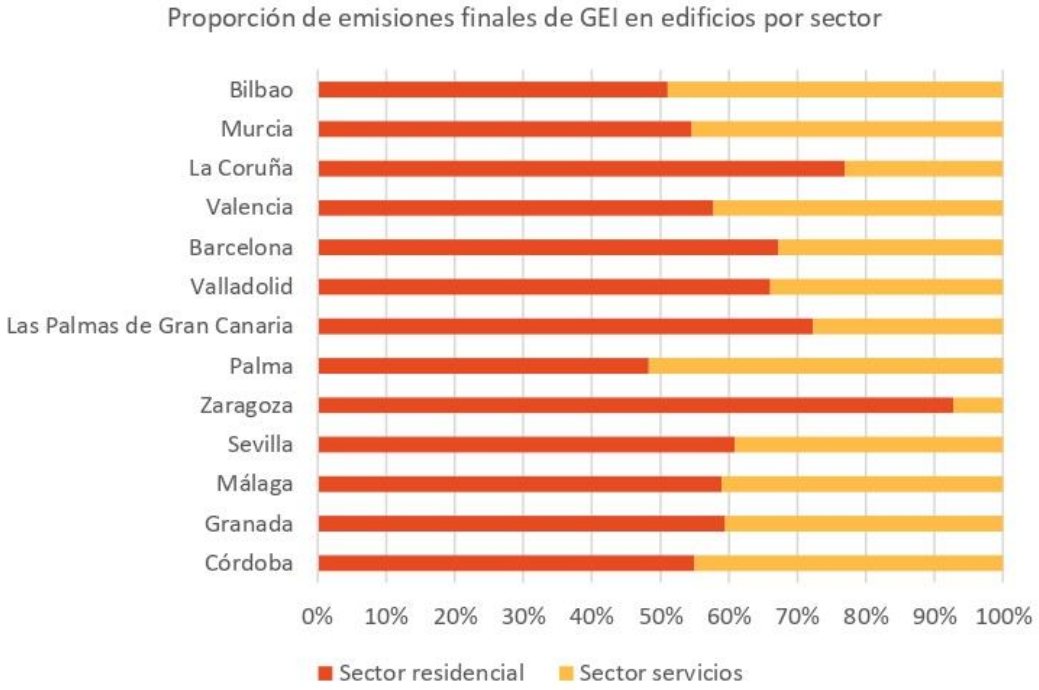

Figura 32. Proporción de emisiones finales de GEI en edificios por sector. Elaboración propia.

Por último, en cuanto a la procedencia de estas emisiones, se ve una gran variedad en función del municipio analizado ya que, aproximadamente el 50% de los casos emite más CO_2 debido al consumo eléctrico y la otra mitad lo hace a raíz de los combustibles fósiles. Los dos casos destacables son Valladolid y Zaragoza, que como ya se ha estudiado, emplean energías renovables, sobre todo para el consumo eléctrico, por lo que era de esperar que las emisiones debidas a la electricidad fueran mucho menores que las producidas por el uso de combustibles fósiles.

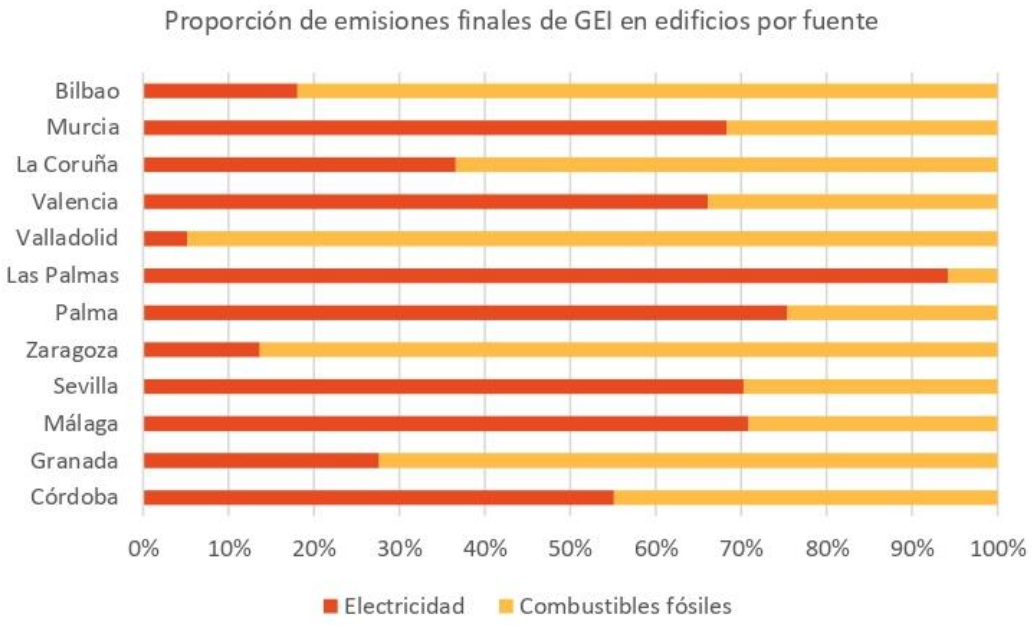

Figura 33. Proporción de emisiones finales de GEI en edificios por fuente. Elaboración propia.

Por tanto, podemos confirmar, que para reducir las emisiones de GEI a la atmósfera a raíz del consumo energético de los edificios, se debe plantear el uso de fuentes de energía alternativas como las que ya se ha visto que algunos municipios utilizan, disminuyendo sus emisiones de CO_2, habiéndose utilizado con éxito en el ámbito municipal como ya hemos visto, por ejemplo, en el caso de Zaragoza.

4.3. Otros indicadores

Industria

Estrategia "Liderar la Revolución Industrial limpia"

La Unión Europea se ha propuesto conseguir una mayor reducción de las emisiones procedentes de la industria y seguir siendo competitivos en el plano internacional, que dependerá en mayor medida de las tecnologías limpias de vanguardia y de la creación de las infraestructuras necesarias para poner en práctica soluciones de energías renovables y con bajas emisiones de carbono.

Se pretende **recortar las emisiones del RCDE en un 61% de aquí a 2030** (con respecto a los niveles de 2005), mediante una reducción directa del límite anual a las emisiones totales para ajustarlo al nivel real de emisiones constatado; y el aumento de la ratio de

reducción anual (factor de reducción lineal) del límite al 4,2% para alcanzar la nueva meta fijada para 2030 (Comisión Europea, 2021).

Asimismo, desde la Comisión Europea se pretende **fomentar una mayor inversión en tecnologías limpias**, condicionando la gratuidad de los derechos de emisión a las inversiones en la limpieza de los procesos industriales; y reforzando las normas que garantizan que los Estados miembros dediquen los ingresos obtenidos por subastas de derechos de emisión de la UE a inversiones limpias procedentes de fuentes renovables.

Por otro lado, las actividades industriales pesadas, como por ejemplo la producción de electricidad y la fabricación de cemento, la gestión de residuos y la incineración, así como la cría intensiva de ganado, provocan emisiones de sustancias nocivas a la atmósfera, al agua y al suelo. Estas emisiones incluyen óxidos de azufre, óxidos de nitrógeno, amonio, polvo y mercurio y otros metales pesados. La contaminación que causan puede provocar enfermedades tales como asma, bronquitis y cáncer, y genera costes que se cifran en miles de millones de euros, y cientos de miles de muertes prematuras cada año. Las emisiones industriales también dañan los ecosistemas, los cultivos y el entorno construido (Comisión Europea, 2022).

Gracias a la **Directiva sobre las emisiones industriales (DEI)**, en los últimos quince años las emisiones atmosféricas de muchos contaminantes se han reducido entre un 40% y un 75% en las mayores instalaciones industriales y explotaciones ganaderas intensivas de Europa. Las emisiones de metales pesados al agua han disminuido asimismo hasta un 50% durante el mismo periodo (Comisión Europea, 2022).

A pesar de los éxitos logrados en la reducción de las emisiones, las más de 50.000 instalaciones industriales a las que se aplica la Directiva siguen representando alrededor del 40% de las emisiones de gases de efecto invernadero, más del 50% de las emisiones atmosféricas totales de óxidos de azufre, metales pesados y otras sustancias nocivas y alrededor del 30% de las emisiones atmosféricas de óxidos de nitrógeno y partículas finas, lo que justifica la adopción de nuevas medidas (Comisión Europea, 2022).

A nivel local, es difícil poder hacer mediciones reales sobre las emisiones de CO_2 equivalente en el consumo final de todo el sector industrial. Por ello, **se ha propuesto medir como indicador las emisiones de CO_2 equivalente en el consumo energético final de las industrias pesadas por habitante** de cada una de las ciudades.

Finalmente, para 2050, se pretende **conseguir cero emisiones de CO_2 equivalente en el consumo energético final de las industrias pesadas por habitante**.

Estos objetivos pueden alcanzarse a nivel local si se llevan a cabo **las siguientes acciones y un seguimiento posterior de su cumplimiento, como son:**

- Electrificación con energías renovables de los consumos energéticos derivados de la actividad industrial pesada municipal.
- Identificación e impulso de los procesos de logística inversa y los sistemas de depósito, devolución y retorno (SDDR) en las cadenas de suministro.
- Recuperación y reutilización de productos para el ciudadano.
- Exigir objetivos de recuperación ambiciosos en plantas de tratamiento de residuos (contratos municipales).
- Valorización energética de aquellos residuos que no puedan ser reciclados.

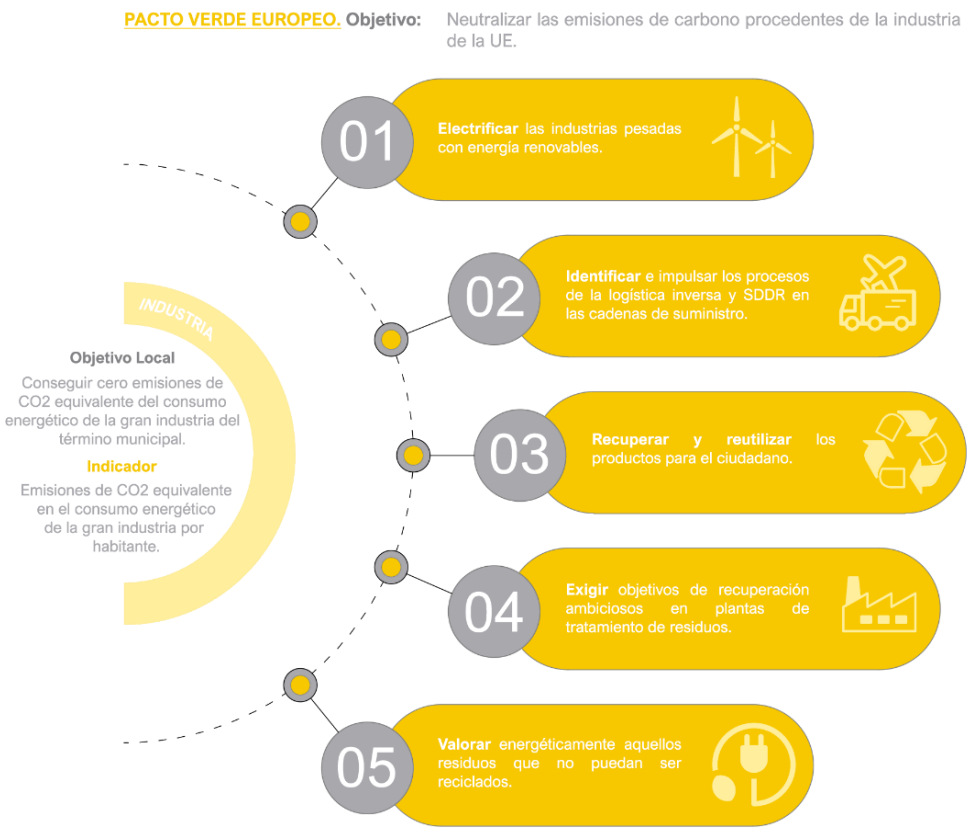

Figura 34. Aplicación local de la estrategia sobre la industria limpia.

Construcción

Estrategia sobre la "Construcción y renovación" de la UE para 2050.

El sector de la construcción, el uso y la renovación de edificios requieren cantidades considerables de energía y recursos (arena, grava, cemento, acero, plástico, cerámica, madera, aluminio, vidrio, entre otros). Por tanto, se debe fomentar la mejora de la eficiencia energética de los edificios y además, deben diseñarse de acuerdo con la economía circular (Comisión Europea, 2019).

El Acuerdo de París exige al sector de la construcción la descarbonización completa a nivel mundial en 2050, si queremos evitar el impacto catastrófico de un aumento de la temperatura de 2 grados (Comisión Europea, 2019). Las emisiones equivalentes debidas al consumo final de energía en los edificios suponen el 28 % del global mundial y las emisiones del sector de la construcción suponen un 11% del global (Abergel., Dean and Dulac, 2017).

En Europa, si analizamos más allá de la fase de uso de los edificios y consideramos todo su ciclo de vida completo **(incluida la extracción, la fabricación, el transporte, la construcción y el fin de la vida útil)**, según datos aportados por la Comisión Europea (2019), vemos que son responsables de:

- La mitad de todo el consumo energético
- El 40 % de todas las emisiones de gases de efecto invernadero
- La mitad de todas las materias primas extraídas
- Un tercio del uso total de agua.

Por este motivo, la UE ha iniciado una acción ambiciosa para lograr una eficiencia radical en el uso de recursos y los flujos circulares de materiales en su **Plan de Acción para la Economía Circular** con cero emisiones netas en 2050 (Comisión Europea, 2019).

Para intentar abordar este problema, **la Comisión Europea ha desarrollado Level(s)**, una herramienta estandarizada de indicadores comunes europeos destinada a medir el rendimiento sostenible de los edificios a lo largo de todo su ciclo de vida. Actualmente, está en fase de pruebas, cientos de organizaciones líderes del sector público y privado de toda Europa han contribuido al diseño de Level(s), y ahora trabajan para convertirlo en un pilar sólido para el futuro sostenible del sector de la construcción (Comisión Europea, 2022).

La herramienta Level(s) se centra en seis «puntos conflictivos» o macroobjetivos relacionados con el impacto ambiental a lo largo de todo el ciclo de vida de los edificios: emisiones de gases de efecto invernadero, eficiencia de recursos, uso del agua, salud y confort, resiliencia y adaptación al cambio climático y por último, coste y valor (Comisión Europea, 2022).

De todos ellos, uno está relacionado con las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) a lo largo del ciclo de vida de los edificios, el cual se pretende hacer una medición de su cumplimiento mediante dos indicadores: el Rendimiento Energético de la etapa de uso (kWh/m2 /año) y **el Potencial de Calentamiento Global del ciclo de vida (CO_2 eq./m2 /año)**, que se corresponde con el indicador 1.2. de la herramienta Level(s) (Comisión Europea, 2022).

Desde el punto de vista del Pacto Verde Local, este último indicador nos puede ser muy útil

para la medición del **indicador** que se propone: **emisiones de CO_2 equivalente en el ciclo de vida de los edificios por habitante**.

El indicador propuesto desde el Pacto Verde Local pretende medir a nivel municipal cuántas emisiones de CO_2e por habitante consumen los procesos de extracción, producción, fabricación, transporte de los materiales y su posterior gestión tras finalizar la vida útil de los edificios.

Se pretende conseguir para el año 2050 **el objetivo de cero emisiones de CO_2 equivalente en el ciclo de vida de los edificios por habitante,** por lo que es imprescindible incluir las fases de construcción y demolición, no sólo las de puesta en servicio/uso de la edificación.

Estos objetivos pueden alcanzarse si las administraciones locales llevan a cabo **una serie de acciones y un seguimiento posterior de su cumplimiento, que se describen a continuación:**

- Producción de Materiales con una huella de carbono cero.
- Cero emisiones de CO2 en el transporte de materiales y su puesta en obra.
- Reutilización del 100% de los residuos de construcción y demolición (RCD).
- Cuantificar las contribuciones al Potencial de Calentamiento Global (GWP) de un edificio a lo largo de su ciclo de vida (CO2 eq./m2 /año) por medio de la herramienta Level(s).

Este último indicador (cuantificar las contribuciones al GWP de un edificio (CO_2 eq./m2 /año)) pretende ser un punto de partida para que los profesionales de la construcción, en la medida de lo posible dentro del alcance de un proyecto, piensen en todo el ciclo de vida y la circularidad del diseño de un edificio desde la extracción de las materias primas que se utilizan para construir el edificio hasta la deconstrucción del edificio y cómo tratar con sus materiales de construcción (recuperación, reutilización, reciclaje y gestión de residuos).

Los edificios son un importante banco de materiales, ya que son un depósito de recursos durante muchas décadas, por lo que es importante diseñar, construir, mantener y renovar utilizando el ciclo de vida y el pensamiento circular.

Este indicador mide las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) asociadas al edificio en diferentes etapas a lo largo del ciclo de vida. Por lo tanto, mide la contribución del edificio a las emisiones que causan el calentamiento global de la tierra o el cambio climático, también conocido como evaluación de la huella de carbono.

La unidad de medida para el Potencial de Calentamiento Global del ciclo de vida es kg CO_2 equivalentes por m2 de superficie útil interior para un periodo de estudio de referencia de 50 años. Los resultados deben informarse para cada etapa del ciclo de vida, de las cuales hay cuatro: producción (A), uso (B), final de la vida útil (C) y beneficios y cargas adicionales (D) (Comisión Europea, 2020).

Para el Pacto Verde Local, la medición del potencial de calentamiento global del ciclo de vida de los edificios podría cuantificarse en función del número de habitantes de cada municipio, con el fin de conseguir una estimación proporcional de las diferentes ciudades.

Una vez que los usuarios hayan adquirido experiencia en el uso de este indicador, también se pueden seguir estas instrucciones para ir un paso más allá y llevar a cabo una evaluación del ciclo de vida (ACV) de los edificios (Comisión Europea, 2020).

<u>Nivel 1. Evaluaciones cualitativas e informes sobre los conceptos</u>

Este nivel es para aquellos usuarios que deseen:

- Incorporar algunos conceptos importantes del ciclo de vida en el diseño y, más tarde, en diseños detallados.
- Interpretar y utilizar los resultados de evaluaciones de Potencial de Calentamiento Global (GWP en sus siglas en inglés) del ciclo de vida previamente realizadas y evaluaciones del ciclo de vida que se basan en el análisis de tipos de edificios similares.

Esto incluye una lista de verificación para integrar conceptos del ciclo de vida.

Nivel 2. Un nivel intermedio, evaluación cuantitativa

Este nivel es para aquellos usuarios que deseen:

- Calcular las emisiones de GWP del ciclo de vida de su proyecto y seleccionar herramientas y bases de datos de software de acuerdo con la norma EN 15978.
- Interpretar y utilizar los resultados de un análisis de «punto caliente» (hotspot analysis). El análisis de puntos calientes es una técnica de mapeo y análisis espacial interesada en la identificación de agrupamientos de fenómenos espaciales. Estos fenómenos espaciales se representan como puntos en un mapa y se refieren a ubicaciones de eventos u objetos (Li et al., 2007) y Karlström & Ceccato, 2002).

Nivel 3. Seguimiento y topografía de la actividad

El mismo procedimiento definido en el nivel 2 pero respaldado por la certeza de los materiales adquiridos y los sistemas técnicos de construcción instalados.

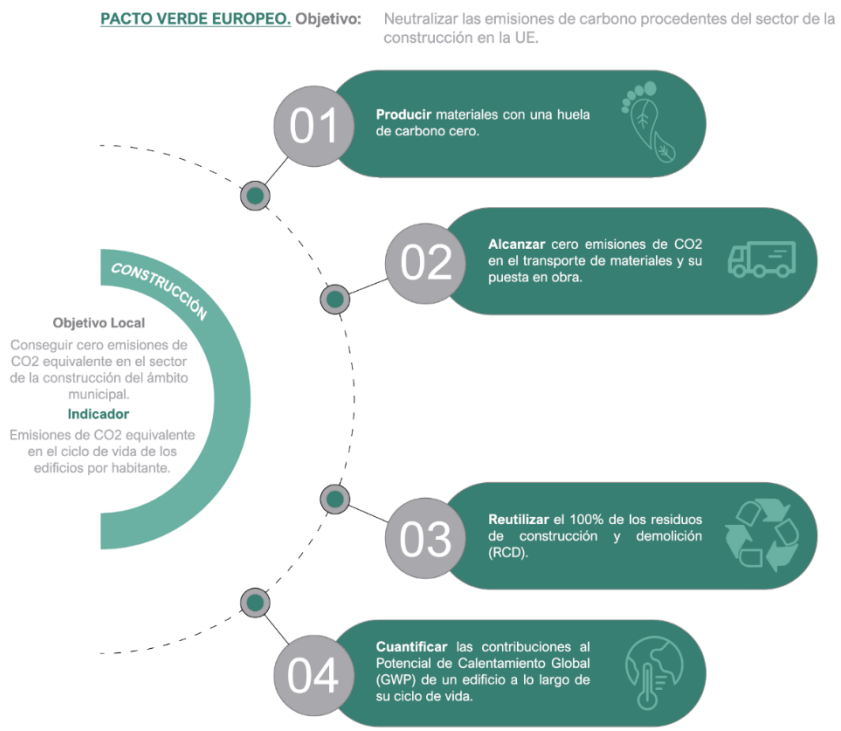

Figura 35. Aplicación local de la estrategia sobre construcción y renovación.

Sistema agroalimentario

Respecto a la estrategia ***"De la Granja a la Mesa"*** presentada como iniciativa clave en el marco del Pacto Verde Europeo, y que tiene como fin contribuir al logro de la neutralidad climática de aquí a 2050, pretende hacer evolucionar el sistema actual de la UE hacia un modelo sostenible, dado que en la actualidad, casi un tercio de las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero procede de los sistemas alimentarios, según un informe del GIECC "Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático" (Consejo de la Unión Europea, 2022).

Debido a ello, uno de los objetivos que la UE persigue con esta estrategia es reducir la huella medioambiental de los sistemas alimentarios. De acuerdo al Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación de España, el término "sistema alimentario" se refiere al conjunto de actividades involucradas en la producción, procesamiento, transporte, consumo y gestión de los residuos de los alimentos, es por ello por lo que la salud de nuestros sistemas alimentarios no solamente afecta profundamente a la salud de nuestros cuerpos, sino que también va a afectar a la salud de nuestro medio ambiente.

El proyecto EWWR "Semana Europea de Prevención de Residuos" destaca la estrecha relación entre los residuos y el cambio climático (López-Cózar, José Manuel, 2020), y es que, en el caso de España, en el año 2018, las emisiones de gases de efecto invernadero correspondiente a los residuos municipales fueron del 7% de acuerdo al Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (Vicepresidencia Tercera del Gobierno. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2015).

Es evidente que uno de los sectores industriales que debería cambiar su modelo productivo hacia otro más sostenible basado en la economía circular (recuperar, reutilizar, restaurar y reciclar) es el de la alimentación. La gestión y el tratamiento de los residuos derivados de la alimentación adquiere y, cada vez más, un papel importante en la huella de carbono de las ciudades debido a que los residuos también contaminan el medio ambiente si no se establece una planificación de gestión y tratamiento de estos con el fin de que puedan ser reciclados y reutilizados para una valorización energética y/o de compostaje.

Con esto se consigue evitar que los residuos se depositen y acumulen en vertederos, y en consecuencia empiezan a descomponerse en condiciones anaeróbicas generando metano (CH4), dióxido de carbono (CO_2) y otros gases provocando un incremento del calentamiento global de la Tierra. En el caso de España, año 2020, la contribución de la gestión de residuos fue de 13233.120 ktCO_2eq, un dato que, a pesar de no ser del todo

satisfactorio, es un valor que no se conseguía desde antes de mediados de los 90 (*1996: 13569.381 ktCO_2eq*), momento en el que las emisiones del sector empezaron a aumentar, alcanzado su pico más alto en 2009 con *16135.641 ktCO_2eq*, año en el que se inició un cambio de tendencia hacia la reducción. (AEMA - Visor de Datos, 2021)

Antes esta situación, conseguir un 100% en la valorización de la Fracción Orgánica de los Residuos Municipales (FORM), mediante compostaje constituye un gran objetivo para todas las ciudades de los estados miembros.

De acuerdo a la Agencia de Residuos de Cataluña, la Fracción Orgánica de los Residuos Municipales (FORM) queda fundamentalmente constituida por restos de comida y restos vegetales de pequeño tamaño que pueden recogerse selectivamente y son susceptibles de degradarse biológicamente, de hecho, la FORM es la fracción más inestable de los residuos municipales, debido a su elevado contenido en agua (en torno al 80% de su peso) y en materia orgánica (hidratos de carbono, proteínas y grasas), por lo tanto, para alcanzar una valorización de la FORM mediante compostaje del 100% se aportan una serie de acciones emblemáticas como las siguientes:

- Promover campañas de sensibilización ciudadana para mejorar la pureza de la FORM e incrementar la tasa de recuperación de esta en los puntos limpios y de proximidad.
- Aumentar el número de puntos limpios y contenedores de la vía pública para la recolección de la FORM.
- Creación de planta de compostaje digesto de Fracción Orgánica de Residuos Municipales para poder tratar dichos residuos recogidos de los distintos puntos limpios y contenedores, y su posterior valorización mediante compostaje.

Por otra parte, con el fin de hacer evolucionar el sistema alimentario actual de la UE hacia un modelo sostenible, la estrategia prevé una serie de iniciativas y propuestas legislativas sobre la agricultura ecológica y la agricultura de conservación entre otros aspectos.

Respecto a la agricultura ecológica, se presentó en marzo de 2021 un Plan de Acción para el Desarrollo de la Producción Ecológica que persigue impulsar la producción ecológica para que alcance el 25% del uso de las tierras agrícolas de la UE de aquí a 2030. En el año 2021, en España la superficie agraria ecológica se incrementó un 8% y

superó los 2.6 millones de hectáreas en 2021, lo que supone el 10.79% de la superficie agraria útil (SAU). (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2022)

Dada la transversalidad que presenta el Pacto Verde Europeo respecto a sus estrategias, al aumentar la práctica de la agricultura ecológica en la UE no solamente se está reduciendo la huella medioambiental del sistema alimentario, sino que además se contribuye a la protección del medio ambiente y el clima, la fertilidad del suelo (a largo plazo), así como a la conservación y aumento de la biodiversidad, dado que la tierra cultivada ecológicamente tiene alrededor de un 30% más de biodiversidad que la tierra cultivada convencionalmente.

Por lo tanto, para lograr que el uso de las tierras agrícolas para la producción ecológica alcance el 25% de aquí a 2030 se aportan una serie de iniciativas y acciones emblemáticas como las siguientes:

- Rotación de cultivos: La rotación de cultivos consiste en el uso programado de varios cultivos diferentes en el mismo campo a lo largo del año. Y aunque esta práctica no va a eliminar el desarrollo de las malas hierbas, puede limitarlo y prevenir la aparición de nuevas especies nocivas.

  Se pueden utilizar rotaciones de especies anuales (con el maíz o la soja) en las que se hace control tradicional de malas hierbas con cereales altamente competitivos a elevadas dosis de siembra (como la cebada, avena o trigo) y con cultivos perennes sin laboreo para siega (como la alfalfa, mezclas de trébol y gramíneas forrajeras).

  También se pueden incluir en las rotaciones cultivos con fechas de siembra en primavera temprana o tardía, verano y otoño, de esta manera se intensifican las rotaciones y, por tanto, se consigue mayor control sobre las malas hierbas.

- Plantación de cultivos Mixtos: Los cultivos mixtos utilizan mezclas de especies, aunque los componentes de dicha mezcla se pueden sembrar o plantar simultáneamente o en fechas diferentes.

  Algunos sistemas de cultivos mixtos que se pueden utilizar son, cereal y soja, maíz y trébol, cereal y trébol, o pasto y trébol. En cualquiera de los casos, y a pesar de necesitar más mano de obra y un manejo de los cultivos más complicados, ofrecen un potencial control sobre las malas hierbas.

- Práctica de cultivos de efecto alelopático: El efecto alelopático de una planta sobre otra es la acción nociva que la primera puede ejercer sobre la segunda mediante la secreción de sustancias tóxicas. Existen cultivos cuyos restos son capaces de producir el mismo efecto y así impiden la germinación o el crecimiento de muchas malas hierbas, especialmente las anuales de hoja ancha. Algunas de las especies con probado efecto alelopático sobre malas hierbas son el centeno, trigo, avena, girasol y patata.

- Prohibición del empleo de fertilizantes nitrogenados minerales, así como todos aquellos de origen químico.

- Utilización de preparados biodinámicos con el fin de fortalecer la calidad del compost.

Respecto a la Agricultura de Conservación mencionar que es una práctica agrícola que se ha revelado como una alternativa más respetuosa y eficiente con los recursos naturales contribuyendo de forma directa e indirecta a la consecución de los objetivos de dos de las estrategias del Pacto Verde Europeo, la estrategia "De la Granja a la Mesa" y la estrategia "Biodiversidad para 2030". Ambas persiguen objetivos similares que se mueven en la recuperación la biodiversidad de los bosques, suelos y humedales y garantizar la sostenibilidad de los sistemas alimentarios.

No obstante, la estrategia "Biodiversidad para 2030" persigue, entre otras cosas, actuar expresamente en el ámbito de la agricultura, dado que la inacción en dicho ámbito supone una continuada reducción de los rendimientos de los cultivos y un aumento de las pérdidas económicas debido a las catástrofes naturales.

Mientras tanto, la estrategia "De la Granja a la Mesa" lo que persigue es garantizar que todo alimento europeo sea seguro, nutritivo y de alta calidad, y a su vez, que su producción genere un impacto mínimo sobre la naturaleza. Para ello, la propia estrategia plantea una serie de objetivos para su consecución como la de reducir significativamente la dependencia, el riesgo y el uso de los plaguicidas químicos, así como de los abonos y antibióticos. Paralelamente, este objetivo lo suscribe la estrategia "Biodiversidad para 2030", marcando una reducción del uso de plaguicidas químicos del 50%, a fin de recuperar aquellos ecosistemas que se han degradado debido a su empleo.

Retomando la Agricultura de Conservación, mencionar que esta práctica agrícola emplea técnicas de cultivo y manejos de suelo que minimizan la acción de agentes naturales nocivos como la erosión y degradación. Entre las técnicas fundamentales de

la Agricultura de Conservación se encuentran la siembra directa, la cubierta vegetal y la rotación de cultivos.

- La Siembra Directa, consiste en sembrar el cultivo sobre los restos vegetales del cultivo anterior, eliminando cualquier tipo de preparación mecánica de la cama de siembra o alteración del suelo (utilizada fundamentalmente en el cultivo de herbáceos como los cereales)

- La Cubierta Vegetal, consiste en la protección del suelo entre las hileras de los árboles mediante una cobertura vegetal que se mantiene durante todo el año (utilizada en los cultivos leñosos como el olivar)

La presencia del acolchado vegetal hace que el suelo cultivable no sufra la escorrentía y en consecuencia no se trasladen los sedimentos más superficiales, así como los herbicidas a las bolsas de agua más cercanas alterando en consecuencia no solo su calidad, sino que además su biodiversidad.

- La Rotación de Cultivos, adquiere vital importancia si se quiere enriquecer la tierra ya que esa rotación de cultivos implica plantar en una misma parcela de terreno tanto plantas exigentes en lo que a nutrientes se refiere, así como otras poco exigentes, evitando agotar la tierra y alterar el equilibrio mineral de la misma. Además, al evitar la permanencia del cultivo en la parcela, sus principales plagas no tienen tiempo de proliferar en el terreno, y si lo tuvieran, como se va a rotar el cultivo, está acabaría por desaparecer, de esta forma el hecho de rotar los cultivos se acaba por convertir en una forma natural de luchar contra las plagas sin el empleo de productos fitosanitarios.

En consecuencia, con la aplicación de la Agricultura de Conservación no solo se está contribuyendo a la mejora de la calidad y biodiversidad de la superficie cultivable, sino que además se contribuye a la mejora de la viabilidad económica de la actividad agraria.

Por otro lado, para poner en práctica la Agricultura de Conservación destacan dos herramientas esenciales, las sembradoras de siembra directa y los herbicidas. Con la agricultura de conservación se mejora física y químicamente el suelo, gracias, en parte al uso de productos fitosanitarios como los herbicidas, siendo el más utilizado el glifosato. Esto no quiere decir que la práctica de la Agricultura de conservación esté asociada a un mayor uso de esta sustancia, porque en general la práctica de la

agricultura de conservación tiene como principio optimizar el uso de herbicidas, de hecho, según algunos estudios científicos, con el paso de los años, es posible reducir la dosis y el número de aplicaciones realizadas en el cultivo.

Entonces, para lograr que el uso de las tierras agrícolas alcance el 100% en la aplicación de la práctica de la Agricultura de Conservación, se deberá de poner en práctica tanto las técnicas de cultivo y manejos de suelo expuestas anteriormente, así como emplear sembradoras de siembra directa en vez de sembradoras convencionales.

Finalmente, de manera pormenorizada se estudian cuáles son los beneficios directos sobre aspectos como el clima, el agua, el suelo, la biodiversidad y el agricultor que tiene la puesta en práctica de la Agricultura de Conservación.

Beneficios sobre el clima:

Cuantitativamente, la Agricultura de Conservación contribuye a mitigar el cambio climático al evitar la emisión de 10 Mt de CO_2 cada año, gracias al empleo de la cobertura vegetal, así como a la disminución de las labores sobre el suelo.

Con el empleo de la cobertura vegetal se evita la erosión hídrica lo que dará lugar a una mayor fijación de CO_2 en el suelo y con la disminución de las labores sobre el suelo se consigue una reducción del consumo energético y se evita la ruptura de los agregados del suelo, lo que provoca que no se libere el CO_2 ya atrapado, así como que no se generen más emisiones de CO_2 debido al empleo de la maquinaria. A modo de orden de magnitud, cada hectárea bajo la práctica de la Agricultura de Conservación permite ahorrar 4.7 toneladas de CO_2.

En cuanto al aspecto económico, el evitar la emisión de 10 millones de toneladas de CO_2 cada año desde el suelo, la Agricultura de Conservación permite generar un ahorro anual de 242 Millones de euros con respecto a la agricultura convencional (el ahorro anual se ha determinado a partir del precio por tonelada de CO_2 en el mercado de derecho de emisión para 2019).

Beneficios sobre el agua:

Las técnicas de la Agricultura de Conservación permiten disminuir la cantidad de abonos, herbicidas, etc. que son transportados disueltos en el agua de escorrentía, consiguiendo así una mejora de la calidad de las aguas.

Beneficios sobre el suelo:

Cuantitativamente, la Agricultura de Conservación evita la pérdida de casi 13 toneladas de suelo por hectárea y año debido a la erosión respecto a la agricultura convencional.

El uso de la cobertura vegetal protege el suelo contra los dos agentes principales causantes de la erosión, el viento y el agua, por lo tanto, con la cobertura vegetal se está evitando la pérdida de tierra a la vez que se mejora la productividad de la misma, debido a que con esa cobertura se consigue que el suelo genere un mayor contenido de materia orgánica, dando lugar a un suelo con más nutrientes, de mejor calidad y estructura.

Cada tonelada de tierra perdida equivale a la reducción de aproximadamente 0.0125 cm de tierra de cultivo, de forma que la Agricultura de Conservación ahorraría la pérdida de alrededor de 8 cm de suelo en un periodo de 50 años.

En cuanto al aspecto económico, la erosión causada por el laboreo convencional se traduce en pérdidas de 0,18 cm/ha de forma anual, lo que tiene un valor de 76 euros por ha. De continuar a este ritmo, se llegará a la pérdida de un tercio de la superficie cultivable en un periodo de 50 años, asumiendo que únicamente los 30 cm superiores son apropiados para el cultivo.

En consecuencia, esta situación no solo conlleva la pérdida del valor de la tierra cultivable, sino que también la de un gran beneficio económico para el agricultor.

Beneficios sobre la biodiversidad:

El aumento del número de especies gracias a la cobertura vegetal y el no laboreo de la tierra, lo que acaban por favorecer el desarrollo de una estructura viva en el suelo de microorganismos, lombrices, insectos, etc., que contribuyen a la formación del suelo y a su fertilidad.

Beneficios para el Agricultor:

El menor uso de maquinaria dedicada a preparar el suelo se traduce en ahorros de consumo de combustible y energía.

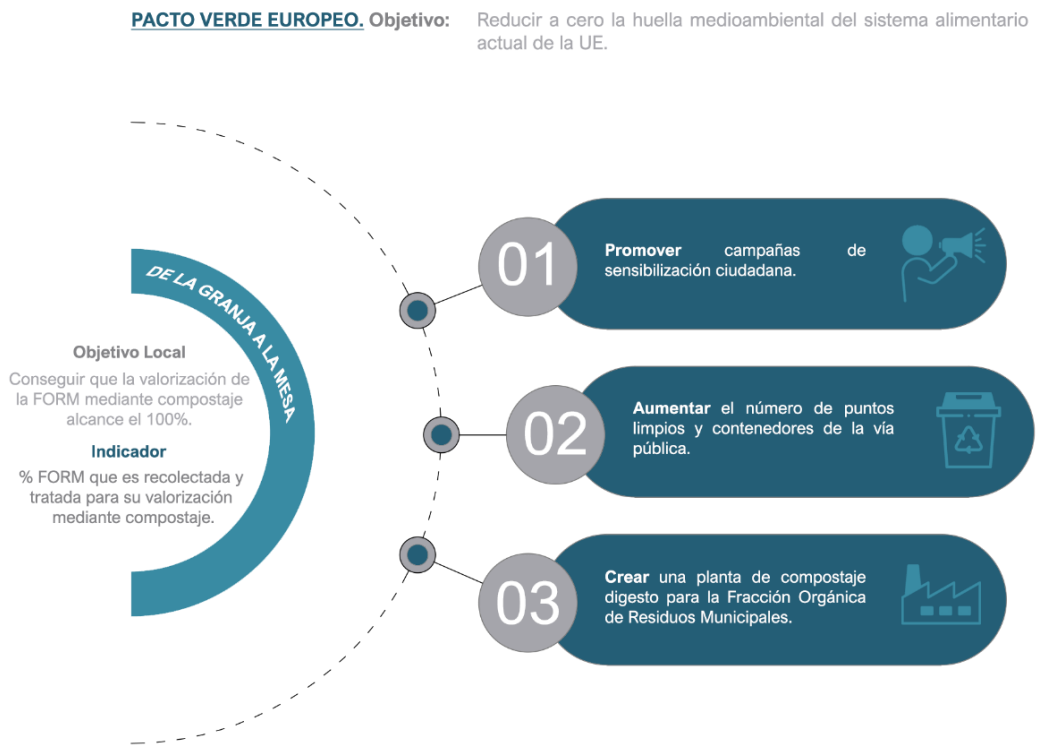

Figura 36. Primera aplicación local de la estrategia de la granja a la mesa.

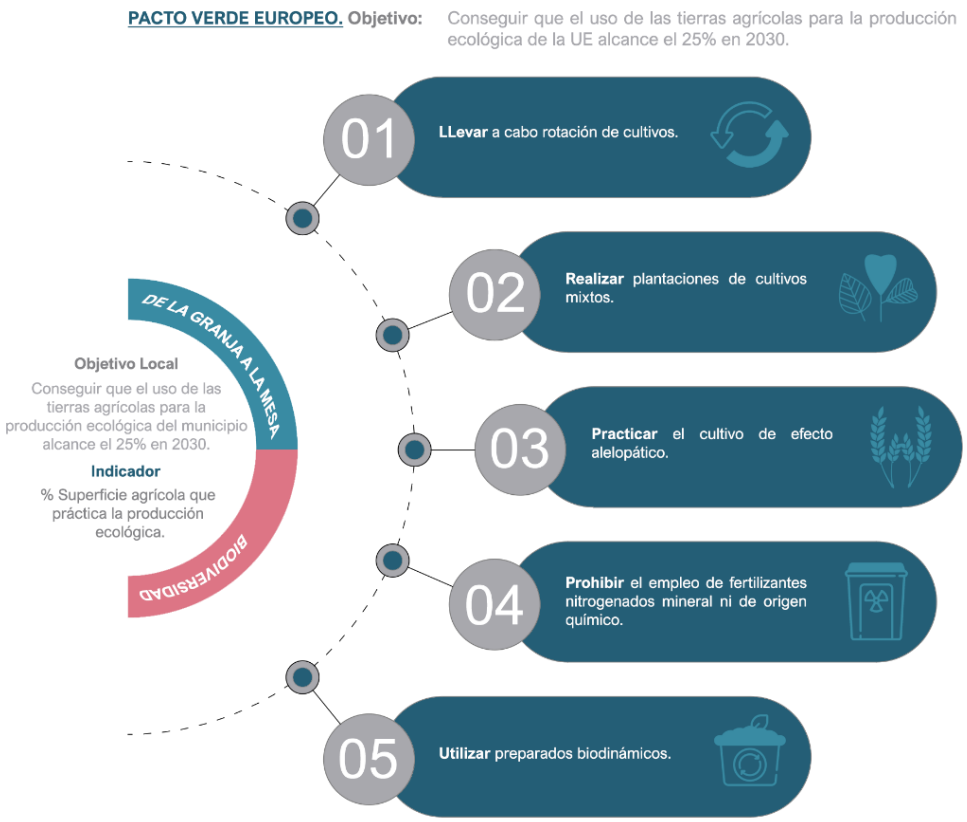

Figura 37. Segunda aplicación local de la estrategia de la granja a la mesa.

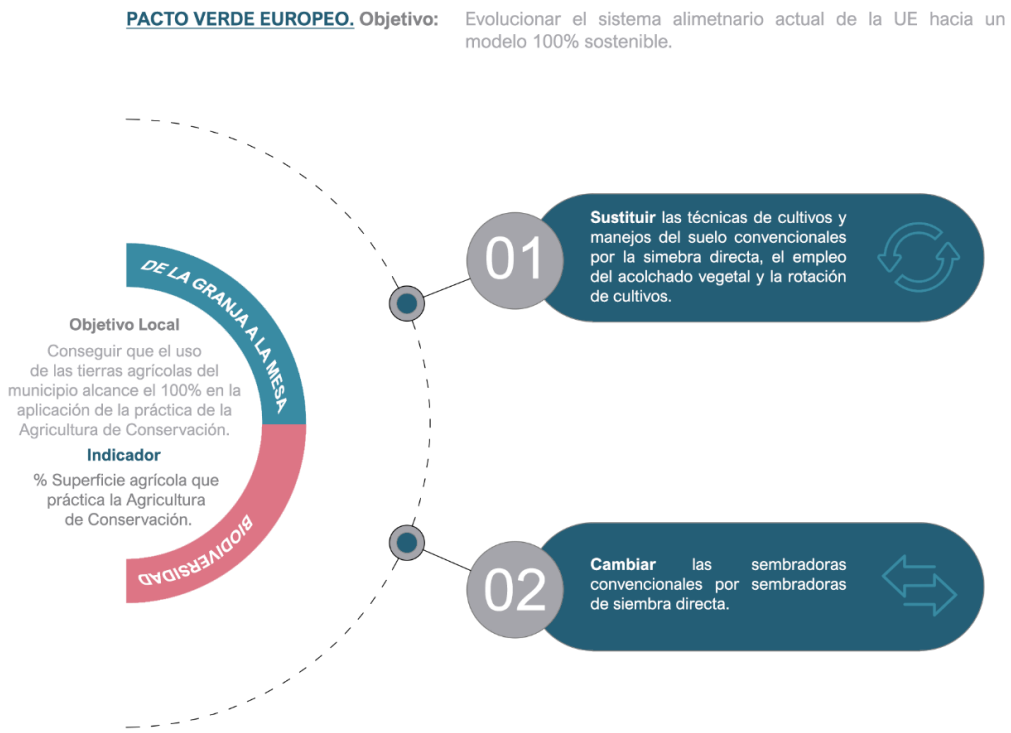

Figura 38. Tercera aplicación local de la estrategia de la granja a la mesa.

Biodiversidad

La Estrategia de la UE sobre la Biodiversidad de aquí a 2030, en lo sucesivo **"Estrategia sobre Biodiversidad"**, es un elemento clave del Pacto Verde Europeo, dado que constituye la piedra angular de la protección de la naturaleza en la Unión, ya que tiene por objeto situar la biodiversidad europea en la senda de la recuperación de aquí a 2030, con vistas a garantizar que, en 2050, todos los ecosistemas del mundo se hayan recuperado, sean resilientes y estén adecuadamente protegidos, reportando en consecuencia beneficios para las personas, el clima y el planeta.

Por todo ello, la estrategia prevé una serie de iniciativas y propuestas que se deben contemplar de aquí a 2030, tales como la recuperación de los ecosistemas degradados, así como de las funciones naturales de los ríos, y la creación de una red de espacios protegidos.

La naturaleza regula el clima, absorbe y almacena carbono y ofrece valiosos recursos renovables para la bioeconomía, por ello respecto a esa iniciativa expuesta de ***recuperar los ecosistemas degradados***, la estrategia reclama la plantación de 3.000 millones de árboles en toda la UE, una solución que no solamente va a permitir una mayor capacidad de absorción de la contaminación por CO_2, sino que además va a contribuir la mejora y consolidación de la biodiversidad de los hábitats europeos.

Con la plantación de 3.000 millones de árboles en toda la UE, se pretende aumentar la capacidad de captación de carbono de 268 Mt a 310 Mt mediante sumideros naturales, de aquí a 2030, lo que supone un incremento del 16% del sumidero natural de carbono actual, consiguiendo reducir así la presión que nuestros bosques sufren debido al cambio climático, la pérdida de biodiversidad, y al mismo tiempo contribuir al incremento de la bioeconomía, entendida como una economía derivada de la producción de recursos biológicos renovables y la conversión de los mismos, así como de los flujos de residuos en productos con valor añadido, como piensos, bioproductos y bioenergía. (Consejería de Agricultura, Pesca, Agua y Desarrollo Rural, Junta de Andalucía, 2012)

De acuerdo a los datos aportados por "Aquae Fundación" (AQUAE Fundación, 2022) , los árboles absorben el 20% de emisiones de CO_2 anuales de España. Y es que no solamente los árboles se encargan de absorber CO_2, sino que además van a suplir la demanda de oxígeno de las personas, para lo cual se requiere un total de 22 unidades por persona y día.

En consecuencia, para lograr alcanzar este objetivo que presenta la estrategia sobre biodiversidad, acerca de incrementar en un 16% el número de árboles en el término municipal correspondiente, se sugieren una serie de acciones como la realización de un censo de árboles plantados en el término municipal en períodos de tiempo frecuente, y de una planificación urbanística para la creación de nuevas zonas verdes, así como para la plantación de nuevos árboles en el término municipal.

Por otra parte, la Comisión Europea establece como objetivo que al menos 25.000 km de ríos sean restaurados en ríos de caudal libre, persiguiendo así la ***recuperación de los ecosistemas de agua dulce y las funciones naturales de los ríos***. Actualmente, el concepto de "ríos de caudal libre", no está definido en la legislación medioambiental vigente de la EU. No obstante, la Comisión, partiendo de la base de definiciones científicas disponibles, entiende por "ríos de caudal libre" los ríos u otras masas de agua superficial que no se ven afectados por barreras artificiales y, en consecuencia, no están desconectados de sus llanuras aluviales (Comisión Europea de Medio Ambiente, 2021).

Respecto a la "conectividad" de un sistema fluvial, desde el punto de vista científico, este tiene cuatro dimensiones, la longitudinal (conectividad entre aguas arriba y aguas abajo), la lateral (conectividad con las llanuras aluviales y las zonas ribereñas), la vertical (conectividad con las aguas subterráneas y a la atmósfera), y la temporal (conectividad basada en la estacionalidad de los flujos). Y respecto a las "barreras", el

proyecto de investigación *AMBER* (financiado por la UE) se ha centrado en la definición y clasificación de las barreras transversales, en lo sucesivo a barreras a la conectividad longitudinal, en seis grupos funcionales (presa, encañizada, esclusa, umbral de rampa, vado y conducto, otros), mientras que las barreras artificiales que interrumpen la conectividad lateral solo las ha contemplado (escolleras, diques, terraplenes) pero no las ha clasificado en categorías acordadas (Comisión Europea de Medio Ambiente, 2021).

Por tanto, el hecho de restaurar 25.000 km de ríos en ríos de caudal libre, consiguiendo en consecuencia recuperar los ecosistemas de agua dulce y las funciones naturales de los ríos solamente va a poder lograrse eliminando o adaptando las barreras artificiales fluviales que impiden el paso de los peces migratorios, así como el flujo natural del agua y los sedimentos. Pero dada la elevada densidad de población en algunas zonas y las múltiples demandas de aguas de la UE por parte de diferentes servicios es difícil eliminar obstáculos artificiales en todo el curso del río desde su nacimiento hasta su desembocadura.

Ante esta casuística, la Estrategia sobre Biodiversidad pide que se preste atención principalmente a los “obstáculos obsoletos”, es decir, aquellos obstáculos que ya no cumplen su objetivo original o que ya no son necesarios, en este caso se podría tratar de una presa que ya no es útil para la generación de energía hidroeléctrica, el suministro de agua o la protección contra las inundaciones. Y para determinar cuáles son los obstáculos obsoletos será necesario realizar una cartografía de las barreras con el fin de colmar las lagunas de conocimientos sobre los obstáculos existentes, así como una evaluación “caso por caso”, para el obstáculo artificial de estudio teniendo en cuenta la finalidad específica y todas las particularidades locales, regionales y nacionales.

Asimismo, la “Guía sobre la eliminación de barreras para la restauración de río” (Comisión Europea de Medio Ambiente, 2021), se manifiesta ante la dificultad de eliminar obstáculos artificiales en todo el curso del río y sugiere que el objetivo de 25.000 km de ríos restaurados en ríos de caudal libre de aquí a 2030 debe interpretarse en el sentido de que se pretende alcanzar tramos de ríos de caudal libre con el fin de alcanzar un estado de caudal libre pleno, y para recuperar esos tramos de ríos de caudal libre podría articularse en función de distintos grados de acción como, evitar la construcción de nuevas barreras (evitando mayor fragmentación), adaptación de las barreras existentes (cuando su eliminación no sea posible) o eliminación de obstáculos obsoletos (cuando la eliminación sea una opción viable).

En cuanto a la ***creación de una red de espacios protegidos*** resaltar que tiene como fin conferir protección jurídica al menos al 30% de la superficie terrestre de la UE y al 30% de su superficie marina, ampliando la cobertura de los espacios de Natura 2000 existentes.

A fecha de junio de 2020, la última actualización recogió que Red Natura 2000 contaba con una superficie marina de 441.001 km2, mientras que la superficie terrestre era de 763.986 km2, lo que supone una cubrición de la superficie terrestre del 18%. Para España el porcentaje de superficie terrestre cubierta es del 27% lo que supone una superficie terrestre protegida de 138111 km2.

En consecuencia, para lograr alcanzar este objetivo que presenta la estrategia sobre biodiversidad, del 30% de la superficie terrestre y marina protegida jurídicamente de aquí a 2030, se sugiere una revisión del Plan General de Ordenación Urbana del término municipal correspondiente para su adaptación frente a las directrices marcadas por esta estrategia recogida en el Pacto Verde Europeo, así como la realización de un plan para la recuperación y protección de las costas y las riberas de los ríos.

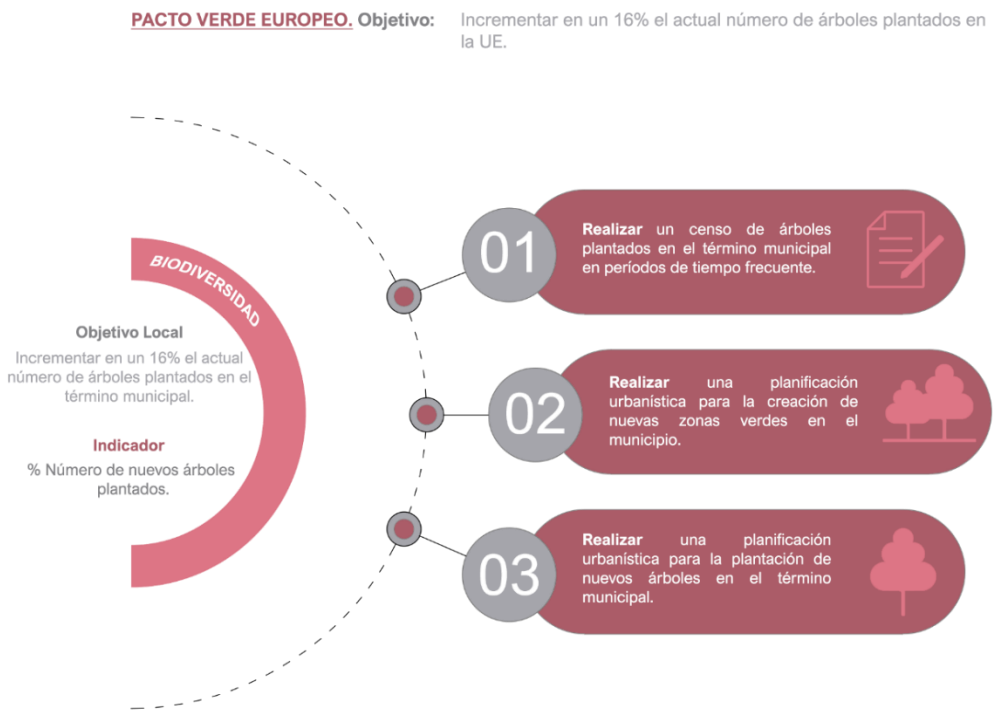

Figura 39. Primera aplicación local de la estrategia sobre biodiversidad.

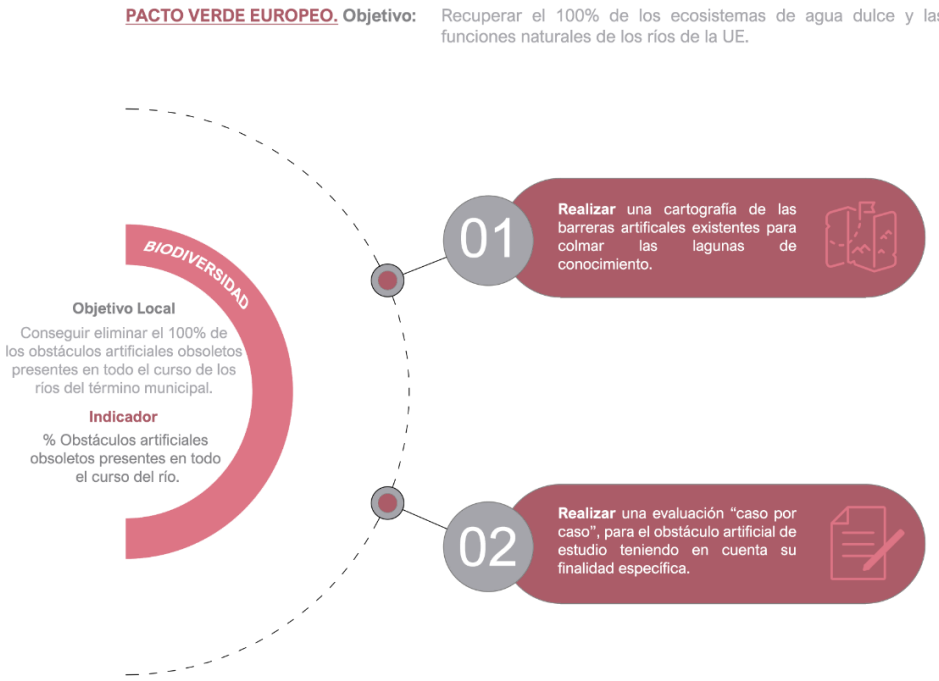

Figura 40. Segunda aplicación local de la estrategia sobre biodiversidad.

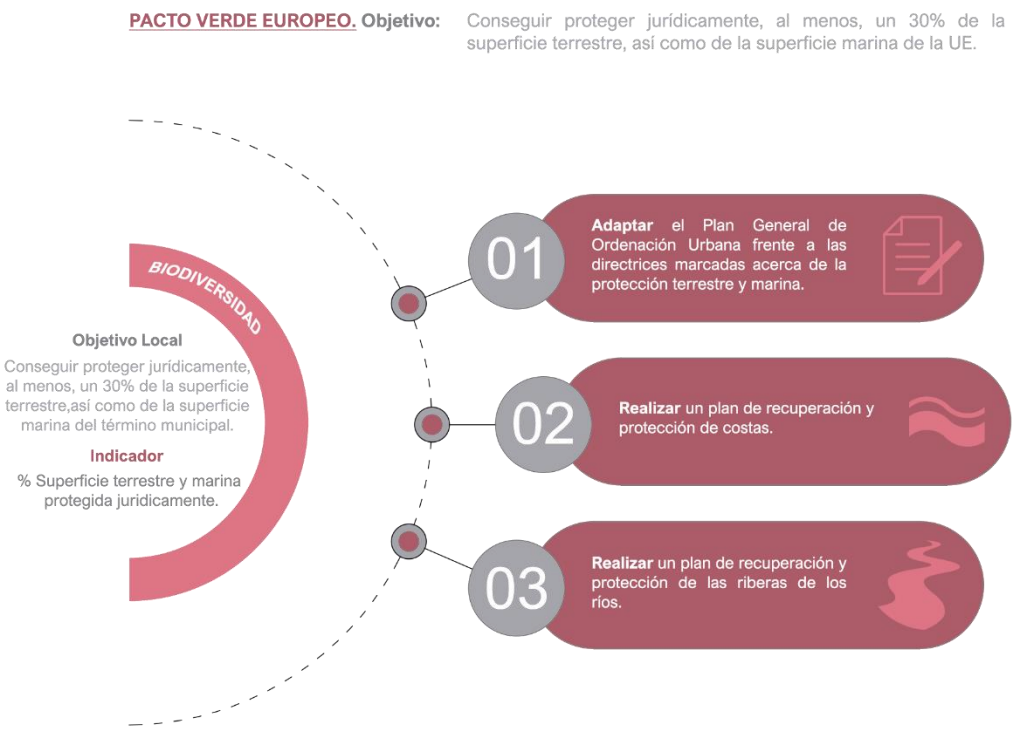

Figura 41. Tercera aplicación local de la estrategia sobre biodiversidad.

Contaminación Cero

Estrategia “Contaminación cero” de la UE para 2050.

La contaminación es la principal causa medioambiental de múltiples enfermedades mentales y físicas y de muertes prematuras, especialmente entre los niños, las personas con determinados problemas de salud y las personas de edad avanzada. Los habitantes de las zonas urbanas más desfavorecidas suelen vivir cerca de lugares contaminados o en lugares con un flujo de tráfico muy denso. Un medio ambiente libre de sustancias tóxicas es, además, un factor crucial para proteger nuestra biodiversidad y nuestros ecosistemas, ya que la contaminación es una de las principales causas de la pérdida de biodiversidad. Reduce la capacidad de los ecosistemas para prestar servicios como la captura de carbono y la descontaminación del aire y el agua (Comisión Europea, 2021).

Según un reciente informe de la AEMA Agencia Europea del Medio Ambiente) sobre salud y medio ambiente, a pesar de las importantes mejoras conseguidas en las últimas décadas, cada año se atribuyen a la contaminación ambiental en la UE más de 400 000 muertes prematuras (entre ellas las causadas por el cáncer) y 48 000 casos de enfermedad cardíaca isquémica, y al ruido, 6,5 millones de casos de alteraciones del sueño crónicas, que se añaden a otras enfermedades atribuibles a ambos factores (Comisión Europea, 2021).

La UE ya ha fijado muchos objetivos relacionados con la contaminación. La legislación vigente sobre el aire, el agua, el medio marino y el ruido establece objetivos de calidad medioambiental, y numerosas leyes abordan las fuentes de contaminación. Además, la Comisión ha anunciado en las Estrategias «de la granja a la mesa» y sobre Biodiversidad una serie de objetivos generales para limitar la pérdida de nutrientes y reducir la cantidad de plaguicidas que nos ayudarán a alcanzar nuestros objetivos en materia de biodiversidad (Comisión Europea, 2021).

Junto con la Estrategia de sostenibilidad para las sustancias químicas en 2020, el Plan de acción lleva a la práctica la ambición de la UE por lograr un nivel de contaminación cero en un medio ambiente libre de sustancias tóxicas. Va aparejado con los objetivos de la UE de neutralidad climática, salud, biodiversidad y eficiencia en el uso de los recursos y parte de iniciativas ya existentes en el ámbito de la energía, la industria, la movilidad, la alimentación, la economía circular y la agricultura (Comisión Europea, 2021).

Por otra parte, hay que destacar que la contaminación no se detiene en las fronteras. Si bien la contaminación ingresa a la UE a través de los océanos, ríos, vientos o bienes

importados, la UE también genera una contaminación significativa en otras partes del mundo a través de sus propios patrones de producción y consumo, así como de sus desechos. Al mismo tiempo, la UE tiene poderosas herramientas para contribuir a los esfuerzos de mitigación de la contaminación en todo el mundo, a través de sus políticas y fondos, su diplomacia verde, así como estimulando la innovación, con una producción más limpia y un consumo más sostenible de bienes y servicios.

En cuanto al **agua** y la contaminación de los recursos hídricos, hay que destacar que **juega un papel fundamental en el ciclo de regulación del clima**, además de ser crucial para la economía, la agricultura y la producción de energía (Comisión Europea, 2022). La protección de los recursos hídricos, de los ecosistemas de agua dulce y salada y del agua que bebemos y bañamos es, por lo tanto, una de las piedras angulares de la protección del medio ambiente en Europa (Comisión Europea, 2022).

Dado que el 92 % de los microcontaminantes tóxicos que se encuentran en las aguas residuales de la UE provienen de productos farmacéuticos y cosméticos, un nuevo plan de responsabilidad ampliada del productor requerirá que los productores paguen el costo de eliminarlos. Esto está en línea con el principio de "quien contamina paga" y también incentiva la investigación y la innovación en productos libres de tóxicos, además de hacer que la financiación del tratamiento de aguas residuales sea más justa (Comisión Europea, 2022).

Desde la Comisión Europea se recalca que el sector de las aguas residuales tiene un importante potencial de producción de energía renovable sin explotar, por ejemplo, a partir del biogás. Los países de la UE deberán realizar un seguimiento de la contaminación industrial en origen para aumentar las posibilidades de reutilización de lodos y aguas residuales tratadas, evitando la pérdida de recursos.

Se estima que los cambios aumentarán los costes en un 3,8 % (a 3.800 millones de euros al año en 2040) para un beneficio de más de 6.600 millones de euros al año, con una relación coste-beneficio positiva en cada Estado miembro (Comisión Europea, 2022).

Desde el Pacto Verde Local, se ha concluido que para la estrategia sobre contaminación cero se va a centrar y trabajar en el consumo municipal del agua, puesto que el estudio de contaminación sobre el aire y el suelo se ha integrado en la estrategia “De la granja a la mesa” previamente descrita.

Por ello, se ha propuesto **medir como indicador las emisiones de CO_2 equivalente asociadas al consumo urbano de agua por habitante**.

Para conducir a la UE al objetivo propuesto por el Pacto Verde Europeo hacia la meta de un planeta sano para personas sanas en 2050, se quiere **conseguir un 0% de emisiones de CO_2 equivalente en el consumo urbano de agua por habitante.**

Este objetivo puede alcanzarse si los ayuntamientos llevan a cabo las siguientes **acciones y un seguimiento posterior de su cumplimiento**, que se describen a continuación:

- Uso de energías renovables en el suministro y tratamiento del agua
- Uso de las aguas pluviales para fines que no requieran agua potable

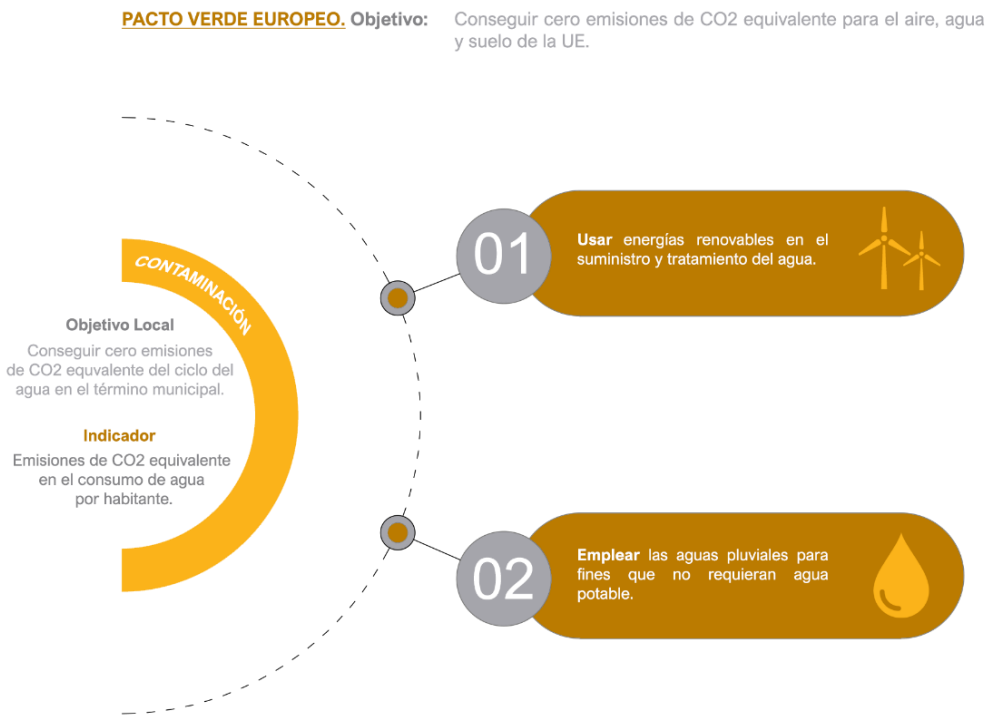

Figura 42. Aplicación local de la estrategia sobre contaminación cero.

Conclusiones

El Pacto Verde Europeo se hace local

FUNDACIÓN RENOVABLES

8. Conclusiones

El proyecto ha contemplado un **análisis multidimensional** de las políticas y acciones de las 16 capitales de provincia más pobladas, así como el cálculo de dos indicadores fundamentales como son movilidad y energía. El resto de los indicadores que tienen que ver con el Pacto Verde Europeo se han dejado simplemente planteados por los múltiples obstáculos en cuanto a obtención de datos e información que existen en la realidad municipal.

Por otro lado, la elaboración de una **encuesta** dirigida a un rango muy amplio de municipios españoles ha permitido acercase a la realidad de la administración local frente a las políticas de descarbonización y cambio climático europeas.

En el proyecto también se ha querido analizar la situación de 6 ciudades modelo dentro del ámbito europeo, de las que conocer su realidad y aprender de algunas de las mejores prácticas a nivel mundial

Dada la amplitud del proyecto, las conclusiones parciales de los distintos bloques de trabajo se han ido compilando a lo largo de este documento, recopilando aquí una reflexión final que busca sintetizar algunas de las principales dificultades que la investigación ha detectado en relación al objetivo principal de la investigación. Esto es, establecer un sistema de medición del grado de aplicación del Pacto Verde Europeo en los municipios.

La primera conclusión general que se puede extraer pasa por haber detectado **un nivel de avance dispar en relación a los instrumentos y políticas públicas en materia de cambio climático y sostenibilidad.** A pesar de la obligatoriedad de redactar Planes de Acción de Cambio Climático y Energía Sostenible (PACES) para aquellos municipios adheridos al Pacto de Alcaldes y Alcaldesas, la respuesta de los municipios analizados es muy dispar, no disponiendo en muchos casos de documentos y planes actualizados. Misma consideración para otros instrumentos de planificación estratégica (como los Planes de Acción Local de la Agenda Urbana Española) que permiten acceder a financiación para el desarrollo de proyectos en la materia.

Esta misma idea se desprende de las encuestas realizadas a una muestra amplia de municipios españoles, que sitúan en la falta de financiación, recursos humanos y técnicos suficientes, las principales barreras para avanzar tanto en el desarrollo de políticas específicas y, por ende, del cumplimento de los compromisos suscritos a nivel internacional, como para el desarrollo de proyectos para su desarrollo a nivel local.

Compromisos, como los de reportar datos de emisiones, imprescindibles para evaluar la efectividad de las medidas que se están llevando a cabo, que exigen un trabajo continuado, que no muchas corporaciones municipales son capaces de afrontar con los recursos que disponen. Los documentos consultados suponen una radiografía del estado en que se encuentra el municipio analizado en cuestión, y por tanto, actualizado a la fecha de redacción del documento.

Sin embargo, una de las principales conclusiones que se desprende del estudio vuelve a ser la disparidad de respuestas en lo que respecta a la actualización periódica de los datos, las fuentes utilizadas para ello. Se ha podido constatar que el acceso a dicha información es en muchos casos compleja y los mecanismos de cálculo no acaban de ser homogéneos en su formulación.

Estas circunstancias coartan sin duda su posible empleo en la construcción de un indicador global, en este caso derivado de la aplicación del Pacto Verde Europeo como el que el proyecto pretende. Razón por la cual la investigación avanza en la definición de un método de cálculo específico, a través de una serie de indicadores, que ha tenido en las dimensiones de movilidad y energía, su máximo exponente. No obstante, se trata de una primera aproximación metodológica, entendiendo estas limitaciones como líneas de trabajo sobre la que se deberá seguir avanzando en investigaciones futuras.

Respecto al análisis de los planes evaluados en las 16 ciudades españolas la calidad media de los mismos es elevada, sin embargo, la aplicabilidad de estos minora en gran medida la calificación global obtenida. Esto en parte se debe a la obligatoriedad de redacción de algunos de estos documentos, para cumplimiento de leyes de rango superior o para la obtención de financiación y acceso a subvenciones. Sin embargo, no existen políticas reales ni estrategias convincente para una puesta en marcha real de lucha contra el cambio climático y para la descarbonización de la energía.

Analizando las políticas de las 6 ciudades con buenas prácticas se hace aún más evidente el punto anterior. Mientras que algunas ciudades europeas llevan trabajando en objetivos de descarbonización y de sostenibilidad desde la primera década del dos mil, en España estas políticas han surgido posteriores al Acuerdo de Paris. De esta manera los objetivos de descarbonización de estas ciudades modelo son mucho más ambiciosos destacando el de Copenhague y Lathi para 2025. Además de estas políticas básicas de cambio climático estas ciudades modelo han planteado ya estrategias más holísticas que tiene que ver con la seguridad, la calidad de vida, la salud y el bienestar de los ciudadanos y totalmente en línea con la estrategia Horizonte Europa y el Pacto

Verde Europeo. Esto se ha hecho muy evidente en el sistema de evaluación utilizado para estas 6 ciudades modelo, que ha sido el mismo que para las 16 ciudades españolas en muchos casos han sido minusvaloradas ya que las acciones que se recogen las tiene más que incorporadas en las prácticas urbanas actuales y no se recogen en estrategias a futuro.

Por otro lado, se ha podido observar que, tras el diseño del indicador de movilidad y de energía y aplicarse a las 16 ciudades, los resultados son muy dispares dependiendo del territorio; sin embargo, si miramos las políticas urbanas que se aplican en líneas generales son bastantes homogéneas, lo cual no responde a las necesidades reales de los municipios. Esto plantea la necesidad de estudiar con mayor profundidad y con indicadores más acertados, la realidad de cada Ayuntamiento y región. Para eso es imprescindible contar con datos en abierto y públicos, lo que no es un hecho en la actualidad. Sólo así se pueden diseñar políticas y acciones efectivas para cada ciudad que atienda a sus necesidades y características reales.

Índice de figuras y tablas

El Pacto Verde Europeo se hace local

FUNDACIÓN RENOVABLES

9. Índice de figuras y tablas

Índice de figuras

Figura 1. Estrategia del Pacto Verde Europeo. Fuente: Comisión Europea. 7
Figura 2. Dimensiones de trabajo del Pacto Verde Europeo. Elaboración propia. 8
Figura 3. Bloques de colaboración con los municipios. Elaboración propia. 14
Figura 4. Gráfico sobre barreras del proyecto. Elaboración propia. 15
Figura 5. Grado de responsabilidad de las personas encuestadas. Elaboración propia. 48
Figura 6. Participantes de la encuesta por Comunidades Autónomas. Elaboración propia..... 50
Figura 7. Corporaciones participantes por provincias. Elaboración propia. 51
Figura 8. Posicionamiento municipal con respecto al Pacto de los Alcaldes. Elaboración propia..... 52
Figura 9. Área específica para el cambio climático. Elaboración propia. 53
Figura 10. Barreras detectadas. Elaboración propia. 54
Figura 11. Interés en participar en acciones europeas por el clima. Elaboración propia. 55
Figura 12. Ocupación media por vehículo y km (pasajeros). Elaboración propia. 106
Figura 13. Emisiones medias por km y pasajero (gCO_2e). Elaboración propia..... 106
Figura 14. Reducción de emisiones en el escenario 2.a - aumento del 20%. Elaboración propia..... 114
Figura 15. Reducción de emisiones en el escenario 2.b. Elaboración propia. 115
Figura 16. Reducción de emisiones en el escenario 3.a. Elaboración propia. 115
Figura 17. Aplicación local de la estrategia sobre energía. 120
Figura 18. Consumo energético por sectores y municipios (MWh/persona). Elaboración propia..... 131
Figura 19. Emisiones de GEI por sectores y municipios (tCO_2e/persona). Elaboración propia..... 132
Figura 20. Emisiones de GEI equivalentes per cápita por municipio y sectores (tCO2e/persona). Elaboración propia. 140
Figura 21. Consumo energético per cápita por municipio y sectores (MWh/persona). Elaboración propia..... 140
Figura 22. Emisiones de GEI equivalentes per cápita por municipio y sectores (tCO_2e/persona). Elaboración propia. 141
Figura 23. Consumo energético per cápita por municipio y sectores (MWh/persona). Elaboración propia..... 141
Figura 24. Emisiones de GEI equivalentes per cápita producidas por combustibles fósiles en el sector residencial (tCO_2e/persona). Elaboración propia..... 142

Figura 25. Consumo energético per cápita producido por combustibles fósiles en el sector residencial (MWh/persona). Elaboración propia. 143
Figura 26. Emisiones de GEI equivalentes per cápita producidas por combustibles fósiles en el sector servicios (tCO_2e/persona). Elaboración propia. 144
Figura 27. Consumo energético per cápita producido por combustibles fósiles en el sector servicios (MWh/persona). Elaboración propia. 144
Figura 28. Emisiones de GEI equivalentes per cápita producidas por combustibles fósiles en servicios municipales (tCO_2e/persona). Elaboración propia. 145
Figura 29. Consumo energético per cápita producido por combustibles fósiles en servicios municipales (MWh/persona). Elaboración propia. 145
Figura 30. Consumo energético de los edificios por grupo energético. Elaboración propia. 147
Figura 31. Emisiones finales de GEI en edificios (tCO2e/persona). Elaboración propia. 148
Figura 32. Proporción de emisiones finales de GEI en edificios por sector. Elaboración propia. 149
Figura 33. Proporción de emisiones finales de GEI en edificios por fuente. Elaboración propia. 150
Figura 34. Aplicación local de la estrategia sobre la industria limpia. 153
Figura 35. Aplicación local de la estrategia sobre construcción y renovación. 157
Figura 36. Primera aplicación local de la estrategia de la granja a la mesa. 165
Figura 37. Segunda aplicación local de la estrategia de la granja a la mesa. 165
Figura 38. Tercera aplicación local de la estrategia de la granja a la mesa. 166
Figura 39. Primera aplicación local de la estrategia sobre biodiversidad. 169
Figura 40. Segunda aplicación local de la estrategia sobre biodiversidad. 170
Figura 41. Tercera aplicación local de la estrategia sobre biodiversidad. 170
Figura 42. Aplicación local de la estrategia sobre contaminación cero. 173

Índice de tablas

Tabla 1. Selección de ciudades y documentos evaluados en cada una de ellas 41
Tabla 2. Análisis comparativo de las 16 capitales de provincia españolas objeto de estudio 42
Tabla 3. Tabla de aplicabilidad de los documentos analizados y resultado global 45
Tabla 4. Tabla de evaluación de políticas según acciones concretas del Pacto Verde Europeo en las 6 ciudades con buenas prácticas destacadas 69
Tabla 5. Resultados de la evaluación numérica (primera y segunda mejor puntuación) 70
Tabla 6. Emisiones CO2 y CO2e y factor de corrección normas Euro 77

Tabla 7. Consumo medio y factor de emisiones por carburante 79
Tabla 8. Cercanías Renfe - Automotores eléctricos 87
Tabla 9. Cercanías Renfe - Automotores diésel..... 87
Tabla 10. Número de líneas en las que presta servicio cada automotor 88
Tabla 11. LRT - potencia y consumo según modelo 94
Tabla 12. Consumo y emisiones por autobús medio de 12 metros 98
Tabla 13. Rangos de reparto modal, ratio trayecto/longitud de línea..... 103
Tabla 14. Resumen informativo municipal..... 126
Tabla 15. Emisiones del mix eléctrico de consumo (tCO2e/pers)..... 127
Tabla 16. Tabla resumen del consumo eléctrico y de las emisiones de GEI en los municipios (1º parte)..... 128
Tabla 17. Tabla resumen del consumo eléctrico y de las emisiones de GEI en los municipios (continuación) 129
Tabla 18. Consumo energético y emisiones de GEI del municipio de Córdoba 133
Tabla 19. Consumo energético y emisiones de GEI del municipio de Granada 133
Tabla 20. Consumo energético y emisiones de GEI del municipio de Málaga 134
Tabla 21. Consumo energético y emisiones de GEI del municipio de Sevilla 134
Tabla 22. Consumo energético y emisiones de GEI del municipio de Zaragoza 135
Tabla 23. Consumo energético y emisiones de GEI del municipio de Palma 135
Tabla 24. Consumo energético y emisiones de GEI del municipio de Las Palmas de Gran Canaria 136
Tabla 25. Consumo energético y emisiones de GEI del municipio de Valladolid..... 136
Tabla 26. Consumo energético y emisiones de GEI del municipio de Barcelona..... 137
Tabla 27. Consumo energético y emisiones de GEI del municipio de Valencia 137
Tabla 28. Consumo energético y emisiones de GEI del municipio de La Coruña 138
Tabla 29. Consumo energético y emisiones de GEI del municipio de Murcia 138
Tabla 30. Consumo energético y emisiones de GEI del municipio de Bilbao..... 139

Bibliografía

El Pacto Verde Europeo se hace local

FUNDACIÓN RENOVABLES

10. Bibliografía

Abergel, T., Dean, B. and Dulac, J. (2017). Towards a zero-emission, efficient, and resilient buildings and construction sector. GLOBAL STATUS REPORT. International Energy Agency (IEA) for the Global Alliance for Buildings and Construction (GABC). Coordinated by United Nations Environment Programme and supported by the governments of France and Germany as well as the French Environment and Energy Management Agency (ADEME).
https://worldgbc.org/wp-content/uploads/2022/03/UNEP-188_GABC_en-web.pdf

Acosta, María Belén (2019). Rotación de cultivos: tipos y beneficios.
https://www.ecologiaverde.com/que-es-la-rotacion-de-cultivos-tipos-y-beneficios-2100.html

AEMA - Visor de Datos (2021). Visor de datos sobre emisiones y absorciones de gases de efecto invernadero.
https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/data-viewers/greenhouse-gases-viewer

Agencia Energética Municipal, Ayuntamiento de Valladolid (2019). Seguimiento del Inventario de Emisiones 2019.
https://www.valladolid.es/es/temas/hacemos/agencia-energetica-municipal-aemva/inventario-emisiones.ficheros/687165-Huella%20de%20Carbono%20PAES_VA_2019.pdf

Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado (2018). DOUE-L-2018-80995 sobre producción ecológica y etiquetado de los productos ecológicos.
https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2018-80995

Agencia Local de la Energía, Ayuntamiento de Murcia (2019). Inventario de Seguimiento de Emisiones 2019.
https://www.energiamurcia.es/wp-content/uploads/2022/04/Inventario-de-Emisiones_Murcia-2019_compressed-1.pdf

Agéncia de Residus de Catalunya (2022). Materia Orgánica FORM.
https://residus.gencat.cat/es/ambits_dactuacio/recollida_selectiva/residus_municipals/materia_organica_form_-_fv/

AQUAE Fundación (2022). Infografía Oxígeno.
https://www.fundacionaquae.org/wp-ontent/uploads/2016/04/infografia_oxigeno.pdf

Ayuntamiento de Madrid (2022). Hoja de ruta hacia la neutralidad climática en 2050.
https://www.madrid.es/UnidadesDescentralizadas/Sostenibilidad/EspeInf/EnergiayCC/06Divulgaci%C3%B3n/6cDocumentacion/6cNHRNeutral/Ficheros/HRNeutralidadClimaMad2022.pdf

Ayuntamiento de Valencia (2018). Plan de Acción para el Clima y la Energía Sostenible de la Ciudad de Valencia.
https://www.valencia.es/documents/20142/424002/190415_AYTO_VALENCIA_PACES__Actualizado_.pdf/1cefe22e-7b64-1db9-7f4a-7006aa12bf75

Center for Climate Issues (2015). The Hamburg Climate Plan. The Free and Hanseatic City of Hamburg. Ministry of Urban Development and the Environment.
https://www.hamburg.de/contentblob/4028914/6bdf8a2548ec96c97aa0b0976b05c5d9/data/booklet-englisch).pdf

City of Copenhagen (2017). Sustainability in Construction and civil works. City of Copenhagen. The Technical and environment Administration.
https://kk.sites.itera.dk/apps/kk_pub2/index.asp?mode=detalje&id=2071

Ministry of the Interior and Housing (2021). The National Strategy for Sustainable Construction. Ministry of the Interior and Housing.
https://im.dk/Media/637602217765946554/National_Strategy_for_Sustainable_Construktion.pdf

City of Copenhagen (2011). Good, Better, Best. The City of Copenhagen's Bicycle Strategy 2011-2025. City of Copenhagen. Technical and Environmental Administration. Traffic Department. The Bicycle Programme

City of Copenhagen (2013). FOCUS ON CYCLING. Copenhagen Guidelines for the Design of Road Projects. City of Copenhagen. Technical and Environmental Administration. Traffic Department. The Bicycle Programme

City of Hamburgo et al. (2021). Digitising Transport Hamburg's ITS-strategy: Providing Future Urban Mobility and Logistics Solutions. The Free and Hanseatic City of Hamburg. Ministry of Transport and Mobility Transition. Department of Transport.

https://www.hamburg.com/contentblob/12592018/3de758da047f073c005b1bf042071359/data/km1-its-brochure-download.pdf

City of Helsingborg (2018). Helsingborg Climate and Energy Plan 2018 – 2024. City of Helsingborg.
https://helsingborg.se/wp-content/uploads/2022/02/helsingborg-climate-and-energy-plan-2018-2024-final.pdf

City of Helsingborg (2021). The Quality-of-Life Programme 2016–2024. The city of Helsingborg's policy document for sustainable development (actualización). City of Helsingborg.
https://styrning.helsingborg.se/wp-content/uploads/sites/53/2022/02/quality-of-life-english-2022-01-21.pdf

City of Stockholm (2020). Environment programme 2020–2023. Publisher: City Executive Office. Serial no.: KS 2019/1040.
https://international.stockholm.se/globalassets/rapporter/environment-programme-2020-2023_ta.pdf

City of Stockholm (2020). Climate Action Plan 2020–2023. For a fossil-free and climate-positive Stockholm by 2040. Publisher: City Executive Office. Serial no.: KS 2019/104.
https://international.stockholm.se/globalassets/rapporter/climate-action-plan-2020-2023_ta.pdf

City of Tallin. 2022. Tallinn 2035 Development Strategy. City of Tallin. 2022.
https://strateegia.tallinn.ee/en/

Comisión Europea (2021). Comunicado de prensa: Pacto Verde Europeo: la Comisión se fija como objetivo una contaminación cero del aire, el agua y el suelo.
https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/es/ip_21_2345

Genia Bionergy (2022). Valorización de residuos.
https://geniabioenergy.com/que-es-la-valorizacion-de-residuos/

Comisión Europea (s.f). European Green Capital Award - Applying for EU Green Capital website:
https://environment.ec.europa.eu/topics/urban-environment/european-green-capital-award/applying-eu-green-capital_en

Comisión Europea (2019). El Pacto Verde Europeo. Comunicación de la Comisión al Parlamento europeo, al Consejo europeo, al Comité económico y social europeo y al Comité de las Regiones.
https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:b828d165-1c22-11ea-8c1f-01aa75ed71a1.0004.02/DOC_1&format=PDF

Comisión Europea (2019). Level(s). Actuación sobre el impacto total del sector de la construcción. Oficina de Publicaciones de la Unión Europea. Luxemburgo.
https://ec.europa.eu/environment/eussd/pdf/LEVELS_REPORT_es.pdf

Comisión Europea de Medio Ambiente (2020). Boletín de Información Naturaleza "Natura 2000" Nº48.
https://ec.europa.eu/environment/nature/info/pubs/docs/nat2000newsl/ES%20Natura%202000%2048%20WEB.pdf

Comisión Europea (2020). Estrategia de la UE sobre la biodiversidad de aquí a 2030. Comunicación de la Comisión al Parlamento europeo, al Consejo, al Comité económico y social europeo y al Comité de las Regiones.
https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/HTML/?uri=LEGISSUM:4459196

Comisión Europea (2020). Level(s) indicator 1.2: Life cycle Global Warming Potential (GWP).
https://susproc.jrc.ec.europa.eu/product-bureau/sites/default/files/2020-10/20201013%20New%20Level(s)%20documentation_Indicator%201.2_Publication%20v1.0.pdf

Comisión Europea de Medio Ambiente (2021). Guía sobre la eliminación de barreras para la restauración de ríos.
https://environment.ec.europa.eu/publications/guidance-barrier-removal-river-restoration_en

Comisión Europea (2021). Liderar la Revolución Industrial Limpia.
https://ec.europa.eu/commission/presscorner/api/files/attachment/869754/Industry_factsheet_ES.pdf.pdf

Comisión Europea (2021). Making our homes and buildings fit for a greener future.
https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/fs_21_6691

Comisión Europea (2021). Pacto Verde Europeo - Consecución de nuestros objetivos.
https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/es/fs_21_3688

Comisión Europea (2021). Pathway to a Healthy Planet for All EU Action Plan: 'Towards Zero Pollution for Air, Water and Soil'
https://ec.europa.eu/environment/pdf/zero-pollution-action-plan/communication_en.pdf

Comisión Europea (2021). Política Industrial de la UE.
https://www.consilium.europa.eu/es/policies/eu-industrial-policy/

Comisión de Urbanismo, Equipamientos, Infraestructuras, Vivienda y Medio Ambiente, Ayuntamiento de Zaragoza (2021). Plan de Acción por el Clima y la Energía Sostenible del Municipio de Zaragoza 2030.
http://www.zaragoza.es/contenidos/medioambiente/2021-PACES-Zaragoza-2030.pdf

Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul, Junta de Andalucía (2019).
https://ws041.juntadeandalucia.es/pentaho/api/repos/%3Apublic%3AHDCM%3AHdCM.wcdf/generatedContent

Consejería de Transición Energética, Sectores Productivos y Memoria Democrática, Ayuntamiento de Palma (2018). Inventario de Emisiones de Referencia de CO_2.
http://www.caib.es/sites/batles/es/l/palma/2018/

Consejo de la Unión Europea (2022). Estrategia "De la Granja a la Mesa".
https://www.consilium.europa.eu/es/policies/from-farm-to-fork/

Comisión Europea (2022). Una transición hacia una energía limpia.
https://ec.europa.eu/info/strategy/priorities-2019-2024/european-green-deal/energy-and-green-deal_es

Comisión Europea (2022). Objetivo 55. Régimen de Comercio de Emisión de la UE.
https://www.consilium.europa.eu/es/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/

Comisión Europea (2022). Comunicado de prensa: Modernización de la normativa de la UE sobre emisiones industriales a fin de orientar a la gran industria en la transición

ecológica a largo plazo.
https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/es/ip_22_2238

Comisión Europea (2022). Level(s). European framework for sustainable buildings.
https://environment.ec.europa.eu/topics/circular-economy/levels_es

Comisión Europea de Agricultura y Desarrollo Rural (2022).Plan de Acción sobre Agricultura Ecológica.
https://agriculture.ec.europa.eu/farming/organic-farming/organic-action-plan_en

Consejería de Agricultura, Pesca, Agua y Desarrollo Rural, Junta de Andalucía (2012). La Bioeconomía.
https://www.juntadeandalucia.es/organismos/agriculturapescaaguaydesarrollorural/areas/politica-agraria-comun/desarrollo-rural/paginas/que-es-la-bioeconomia.html

Consejo Insular de Energía, Ayuntamiento de Las Palmas de Gran Canaria (2021). Inventario de Emisiones de Referencia.
https://www.energiagrancanaria.com/wp-content/uploads/2022/01/anexo-i-inventario-de-emisiones-de-referencia-municipio-de-las-palmas-de-gran-canaria.pdf

Consejo de la Unión Europea (2022). Pacto Verde Europeo.
https://www.consilium.europa.eu/es/policies/green-deal/

Comisión Europea (2022). Comunicado de prensa: European Green Deal: Commission proposes rules for cleaner air and wáter.
https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_22_6278

Coordinación General de Medio Ambiente, Ayuntamiento de Madrid (2022). Hoja de Ruta hacia la Neutralidad Climática 2050.
https://www.madrid.es/UnidadesDescentralizadas/Sostenibilidad/EspeInf/EnergiayCC/06Divulgaci%C3%B3n/6cDocumentacion/6cNHRNeutral/Ficheros/HRNeutralidadClimaMad2022.pdf

Diputación Provincial de Barcelona (2019). Emisiones de Gases Efecto Invernadero.
https://datos.gob.es/es/catalogo/l02000008-emisiones-de-gases-de-efecto-invernadero-de-los-municipios

Li et al., (2007) y Karlström & Ceccato, (2002). Hot Spot Spatial Analysis. Columbia Universit. School of Public Health.

https://www.publichealth.columbia.edu/research/population-health-methods/hot-spot-spatial-analysis#:~:text=Hotspot%20analysis%20is%20a%20spatial,locations%20of%20events%20or%20objects)

López-Cózar, José Manuel (2020). Cambio Climático y Residuos. https://blog.signus.es/tu-basura-tambien-emite-co2/#:~:text=Estos%20residuos%20depositados%20en%20vertederos,superiores%20a%20los%2020%20a%C3%B1os

Luchterhandt, D. y Schlapkohl, A-K (2014). Green, inclusive, growing city by the water. The Free and Hanseatic City of Hamburg. Ministry of Urban Development and the Environment. https://www.hamburg.de/contentblob/4357518/9ac11792edd8de17e3119e1396474718/data/broschuere-perspektiven-englisch).pdf

Marquez-Ballesteros, M.J.; Navas Carrillo, D.; Mora-López, Ll.; Sidrach de Cardona, M.; Enciso Martínez, E.; Rico Pinazo, P. (2022). Citizens and local administration in Climate Change Mitigation: Urban strategies and local actions to apply to neighbourhoods en Resilient and Sustainable Cities: Research, Policy and Practice. Colección: Resilient and Sustainable Cities. Editorial: Elsevier. ISBN: 978-0323917186

Márquez-Ballesteros, M.J. y Navas-Carrillo, D. (2022). Estrategias para la movilidad sostenible en entornos urbanos desde un análisis crítico del marco normativo actual en Sistemas territoriales y recursos para la sostenibilidad. Thomson Reuters. ISBN 978-84-1124-814-3

Marquez-Ballesteros, M.-J., Mora-López, L., Lloret-Gallego, P., Sumper, A., & Sidrach-de-Cardona, M. (2019). Measuring urban energy sustainability and its application to two Spanish cities: Malaga and Barcelona. Sustainable Cities and Society, 45, 335–347. https://doi.org/10.1016/j.scs.2018.10.044

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2021). Cumbre de Sistemas Alimentarios de Naciones Unidas. https://www.mapa.gob.es/es/ministerio/ministerio-exterior/cumbre-un-sistemas-alimentarios/sistemas-alimentarios/default.aspx

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2022). Datos de Producción Ecológica de 2021.

https://www.mapa.gob.es/es/prensa/ultimas-noticias/la-superficie-agraria-ecol%C3%B3gica-se-increment%C3%B3-un-8--y-super%C3%B3-los-26-millones-de-hect%C3%A1reas-en-2021-/tcm:30-628477

PwC España (2021). La Agricultura de Conservación y las herramientas para su puesta en el contexto del Pacto Verde Europeo. http://www.agriculturadeconservacion.org/index.php/la-agricultura-de-conservacion-y-las-herramientas-para-su-puesta-en-practica-en-el-contexto-del-pacto-verde

Recytrans. Soluciones Globales para el Reciclaje (2021). Gestión de residuos orgánicos. https://www.recytrans.com/gestion-de-residuos/gestion-de-residuos-organicos/

Servicio de Medio Ambiente y Sanidad, Ayuntamiento de A Coruña (2009). Estrategia contra el Cambio Climático de A Coruña. https://www.coruna.gal/descarga/1414462613031/Estrategia-Pacto-de-los-Alcaldes_09_12_2013-1.pdf

The Climate Secretariat of Copenhagen. (2020). CPH 2025 Climate Plan. Roadmap 2021-2025. The Climate Secretariat Technical and Environmental Administration, City of Copenhagen. https://kk.sites.itera.dk/apps/kk_pub2/index.asp?mode=detalje&id=2062

Vicepresidencia Tercera del Gobierno. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (2015). Gestión de Residuos. https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/gestion-residuos.aspx

Vicepresidencia Tercera del Gobierno. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (2020). Sectores difusos. Situación actual y objetivos. https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/definicion-difusos.aspx

Villalva, Sonia; Fuentes-Pila, Joaquin (1993). Hojas divulgadoras de agricultura sostenible. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1993_07.pdf

Von Platten, J. (2021). Energy Poverty in Sweden. EP-pedia Website on Energy Poverty. https://www.eppedia.eu/article/energy-poverty-sweden

Fuentes de datos para el cálculo del indicador de movilidad

TPC - Cercanías Renfe

Consumo medio (litros/km) de los automotores diésel S-592 y S-598 de Renfe Operadora. Análisis de la relación entre peso y potencia en los autopropulsados diésel. Revista Vía Libre (Fundación de los Ferrocarriles Españoles, FFE), 07/02/2008. Recuperado de:
https://www.vialibre-ffe.com/noticias.asp?not=1420

Consumo medio (litros/km) del automotor diésel S-599 de Renfe Operadora. Economía de los trenes regionales. Politikon, 21/05/2013. Extraído de:
https://politikon.es/2013/05/21/economia-de-los-trenes-regionales/

Factor de emisión del gasóleo ferroviario (MITERD, Inventario de Emisiones Versión 22, julio de 2022). Recuperado de:
https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/factoresemision_tcm30-479095.pdf

Consumo medio (kWh/km) de los automotores eléctricos S-447 y S-464 de Renfe Operadora. Los Civia al detalle. Revista Vía Libre (FFE, septiembre de 2005). Recuperado de:
https://www.vialibre-ffe.com/pdf/11558_pdf_03.pdf

Consumo medio (kWh/km) del automotor S-465 de Renfe Operadora. Energía y emisiones en el transporte por ferrocarril (Alberto García Álvarez, FFE, 2011). Recuperado de:
https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=823439

Pasajeros-km y trenes-km en los servicios de Cercanías, todos los núcleos excepto Murcia-Alicante. Informe anual OMM 2019 - Avance 2020 (OMM, julio de 2021). Recuperado de:
https://observatoriomovilidad.es/wp-content/uploads/2021/10/informe_omm2019_web.pdf

Pasajeros-km y trenes-km en el núcleo de Cercanías Murcia-Alicante. Informe anual OMM 2015 (OMM, junio de 2017). Recuperado de:
https://observatoriomovilidad.es/wp-content/uploads/2021/07/Informe_OMM_2015.pdf

TPC - Ferrocarril metropolitano

Pasajeros-km, trenes-km y energía eléctrica consumida en tracción en el ferrocarril metropolitano (excepto Palma). Anuario Estadístico 2019 del MITMA, Capítulo 11. Recuperado de:
https://www.mitma.gob.es/recursos_mfom/paginabasica/recursos/11transpurbano_19.pdf

Pasajeros-km y trenes-km, Metro de Palma. Base de Datos del OTLE. Recuperado de:
https://apps.fomento.gob.es/BDOTLE/visorBDpop.aspx?i=470

Consumo eléctrico (kWh/km) por tren en el Metro de Palma. Estudio informativo: ampliación de la línea M1 de SFM desde la Estación de la UIB hasta el Parc Bit (SFM, 2020). Recuperado de:
http://www.trensfm.com/files/ESTUDIO_INFORMATIVO_25FEB20.pdf

TPC - Light Rail Transit

Potencia (kW) de todos los modelos de automotores eléctricos empleados en las ciudades analizadas (Alstom Citadis 302, Bombardier Outlook Flexity, CAF Urbos 1, 2 y 3). Parque de tranvías y metros ligeros (Revista Vía Libre, Nº 552, mayo de 2011). Recuperado de:
https://www.vialibre-ffe.com/pdf/11710_pdf_03.pdf

Consumo (kWh/km) del automotor eléctrico Bombardier Flexity Outlook (empleado en los sistemas de LRT de Valencia y Alicante). Flexity Outlook - Environmental Product Declaration - EDP (Bombardier, 2012). Recuperado de:
https://www.yumpu.com/en/document/read/40953450/epd-flexity-outlook-csr-bombardier

Consumo (kWh/km) del automotor eléctrico Alstom Citadis 302 (empleado en los sistemas de LRT de Madrid, Barcelona y Murcia). Energía y emisiones en el transporte por ferrocarril (Alberto García Álvarez, FFE, 2011). Recuperado de:
https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=823439

Consumo (kWh/km) del automotor eléctrico CAF Urbos 2 (empleado en los sistemas de LRT de Sevilla, Bilbao y Vitoria). TFG: Estudio y diseño de un sistema de acumulación y carga energética para tranvías autónomos de piso bajo (Luis Hermosilla Valcárcel, UPC, 8 de julio de 2015). Recuperado de:

https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/83585/Memoria.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Consumo (kWh/km) del automotor eléctrico CAF Urbos 3, empleado en los sistemas de LRT de Sevilla (Metrocentro), Zaragoza, Málaga y Granada. Movilidad sostenible en ciudades - Jornadas Ciudad, energías renovables y eficiencia energética (CAF, 8 de noviembre de 2011). Recuperado de: http://catedrabrial.unizar.es/sites/catedrabrial.unizar.es/files/users/catedrabrial/38_III_Jorn/iii_zaz_f2_ppt.pdf

Pasajeros-km y trenes-km en la mayoría de los sistemas de LRT analizados. Base de Datos del OTLE - Transporte metropolitano por ferrocarril (OTLE, datos correspondientes al ejercicio 2019). Recuperado de: https://apps.fomento.gob.es/BDOTLE/visorBDpop.aspx?i=470

Intensidad energética (expresada en kWh por miles de viajeros-km) en los Tranvías de Bilbao y Vitoria, con el objetivo de medir la ocupación media por km (ya que se conoce el consumo eléctrico por km del material rodante empleado). Memoria Euskotren 2019. Recuperado de: https://gardentasuna.euskotren.eus/sites/transparencia/files/2021-02/EUSKOTREN%20memoria%202019-2.pdf

Nº de kilómetros recorridos desde su puesta en servicio y emisiones de CO_2 por kilómetro y pasajero del Tranvía de Murcia. Recuperado de: https://www.tranviademurcia.es/eficiencia-energetica/

Pasajeros-km y trenes-km en el Metropolitano de Granada. Anuario Estadístico 2019 del MITMA (Capítulo 11). Recuperado de: https://www.mitma.gob.es/recursos_mfom/paginabasica/recursos/11transpurbano_19.pdf

Vehículo privado

25 modelos de turismos más frecuentes en el parque automovilístico español (2020). Dato aportado por Estamos seguros, iniciativa de UNESPA (Unión Española de Entidades Aseguradoras y Reaseguradoras). Recuperado de: https://www.estamos-seguros.es/main-files/uploads/2020/06/Marca-y-modelo.pdf

Datos técnicos (consumo mixto, potencia, años de producción) para vehículos seleccionados de motor diésel y gasolina extraídos de la web Autoscout24. Recuperado

de:
https://www.autoscout24.es/coches/

Inventario de factores de emisión para distintos tipos de combustible (Sección Vehículos y maquinaria, transporte por carretera, turismos M1). Recuperado de: https://www.miteco.gob.es/es/cambio-climatico/temas/mitigacion-politicas-y-medidas/factoresemision_tcm30-479095.pdf

Consumo y emisiones en vehículos con etiqueta ambiental CERO y ECO (eléctricos puros - BEV, híbridos enchufables con autonomía superior a 40 km - PHEV, híbridos de gasolina - HEV, propulsados por GNC y propulsados por GLP). Recuperado de: https://coches.idae.es/base-datos/busqueda-avanzada#!

Parque de turismos por distintivo medioambiental según provincia: Anuario Estadístico General 2020 de la DGT. Recuperado de: https://www.dgt.es/export/sites/web-DGT/.galleries/downloads/dgt-en-ifras/publicaciones/Anuario_Estadistico_General/Anuario-Estadistico-General-2020_version-on-line.pdf

FUNDACIÓN RENOVABLES

Pedro Heredia 8, 2º Derecha
28028 Madrid

www.fundacionrenovables.org

DEMOCRATIZAR ELECTRIFICAR PARA